

2014

Cuaderno 1

Dimensionamiento Preliminar

VELERO TIPO OCEÁNICO 60 PIES DE ESLORA



GRADO EN ARQUITECTURA NAVAL

Autor: **PABLO ENRIQUE GONZÁLEZ SÁNCHEZ**

Tutor: **MARCOS MÍGUEZ GONZÁLEZ**



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

PROYECTO FIN DE GRADO EN ARQUITECTURA NAVAL

CURSO 2.012-2013

PROYECTO NÚMERO 14-106

TIPO DE BUQUE: Velero tipo oceánico de 60 pies de eslora

MATERIAL DEL CASCO: Materiales compuestos

CLASIFICACIÓN , COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: Bureau Veritas, Solas, Reglamentación ISO-UNE.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Las específicas para este buque

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA : 10 nudos al 90% MCR. 350 millas.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA : Las habituales en este tipo de buques.

PROPULSIÓN : Vela + 1 motor diesel.

TRIPULACIÓN Y PASAJE : 8 tripulantes/pasajeros

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES : Un mástil y demás elementos para la navegación en este tipo de buque

Ferrol, Febrero de 2.013

ALUMNO : D:/Dª Pablo Enrique González Sánchez

OBJETIVO:

En el presente cuaderno se realizarán los correspondientes cálculos y decisiones para determinar de una manera preliminar las dimensiones básicas de la embarcación. Para ello se abordarán los siguientes puntos:

- Elaboración de una base de datos de embarcaciones similares.
- Extrapolación de las dimensiones de nuestra embarcación a partir de esta base de datos mediante los coeficientes oportunos.
- Búsqueda del óptimo mediante:
 - o Comprobación de la idoneidad de coeficientes según la bibliografía.

Los datos de partida de la embarcación son:

Eslora Total.....	18,00m
Eslora Flotación.....	16,31m
Manga.....	4,89m
Puntal.....	4,17 (2,03 sin apéndices) m
Calado	2,826 (0,686 sin apéndices) m
Desplazamiento.....	19865 kg
Cb.....	0,416
Cp.....	0,545
Cm.....	0,801
Superficie Véllica.....	202m ²
Número de Tripulantes.....	8 (2 tripulantes y 6 pasajeros)
Categoría de Navegación.....	A (Oceánica)

1	INTRODUCCIÓN.....	6
2	ANÁLISIS DE LA MISIÓN Y FILOSOFÍA DEL PROYECTO.....	6
2.1	INTRODUCCIÓN.....	6
2.2	PROPIEDADES QUE PUEDEN DEFINIR EL CARÁCTER DE UN VELERO	9
2.3	LA INFLUENCIA DE LAS REGATAS EN EL DISEÑO.....	12
2.4	TRAGEDIAS QUE MARCARON PUNTOS DE INFLEXIÓN EN EL DISEÑO	18
2.5	ANÁLISIS DE LOS VELEROS ACTUALES.....	20
3	PROBLEMAS PRINCIPALES DEL PROYECTO.....	34
3.1	EL PROBLEMA DE LA BASE DE DATOS.....	34
3.2	POCA LITERATURA TÉCNICA ENFOCADA EN LAS GRANDES ESLORAS.....	35
4	REGLAMENTACIÓN.....	35
5	BASE DE DATOS.....	35
6	ESTUDIO ESTADÍSTICO	37
3.1	ESLORA TOTAL, LOA	38
3.2	ESLORA EN LA FLOTACIÓN, LWL.....	38
3.3	MANGA, B.....	39
3.3.1	MANGA EN LA FLOTACIÓN, BWL	41
3.4	CALADO, T.....	43
3.5	DESPLAZAMIENTO, Δ	44
3.6	PESO DEL LASTRE	45
3.7	SUPERFICIE VÉLICA, SA	47
7	ESTUDIO MEDIANTE PYD (LARSSON&ELIASSEN).....	48
7.1	ESLORA TOTAL, LOA.....	51
7.2	ESLORA EN LA FLOTACIÓN, LWL	51
7.3	MANGA, B	51
7.4	CALADO	52
7.5	DESPLAZAMIENTO.....	53
7.6	SUPERFICIE VÉLICA, SA.....	54
8	ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MÁS ADECUADA.....	54
8.1	COEFICIENTES ÓPTIMOS.....	55
9	COMPROBACIÓN.....	61

10 BIBLIOGRAFÍA	63
ANEXO I	
ANEXO II	

1 Introducción

El fin de este proyecto es la realización y estudio de un barco de vela, tipos de embarcaciones ampliamente demandadas en el mercado actual.

En concreto la idea del proyecto es la de diseñar, un barco con unas líneas veloces, materiales relativamente modernos y ligeros, para que aunque no se trate de un barco puramente de regatas oceánicas, sea un crucero rápido con posibilidad de realizarlas, y a la vez cumpla con requisitos de confort necesarios para largas travesías.

2 Análisis de la misión y filosofía del proyecto.

2.1 Introducción.

A la hora de comenzar el proyecto de un velero debe tenerse una visión de lo que se pretende diseñar, saber qué es lo que se quiere conseguir en función del programa de navegación del velero.

De las diferentes alternativas que suelen barajarse en relación al tipo de velero son tres las que se presentan principalmente. La primera de ellas son los veleros destinados puramente a regatas. El objetivo principal de este tipo de proyectos es el diseño de unas formas que permitan las máximas prestaciones para la regata.

Esto es, conseguir la mayor velocidad posible en todos los rumbos, un aparejo que permita portar el mayor trapo posible, el mejor ángulo de ceñida, y un mejor rating en la medición. Otros factores que busquen la comodidad de la tripulación quedan totalmente al margen en este tipo de barcos. Es decir prima más el rendimiento a vela que un cómodo comportamiento en la mar.

En el extremo opuesto se encuentran los veleros dedicados al crucero. Aquí el concepto que se persigue es el máximo confort y seguridad para sus pasajeros pretendiendo para ello lograr unos interiores amplios y cómodos, el mantener el buque lo más adrizado posible, el minimizar sus aceleraciones, etc. En definitiva ayudar a que la vida bordo resulte lo más placentera posible, pues la filosofía de un crucero no tiene otro objetivo que el propio placer de la navegación a vela.

En este segundo grupo debe pensarse también si el barco va a ser destinado al uso privado de su propietario o por el contrario si se trata de un barco destinado al charter, pues el diseño interior y la habilitación pueden ser diferentes en ambos casos.

Un tercer caso que puede encontrarse consiste en un híbrido entre estas dos ideas explicadas antes. Estos son los veleros crucero-regata. Es posible que el armador del barco le guste participar en regatas y así mismo disfrute realizando travesías a bordo de su barco. Este tipo de veleros están optimizados para cumplir ciertas prestaciones más regateras sin dejar de lado la comodidad a bordo. Sin embargo no suelen resultar veleros con las mayores prestaciones en ninguno de los dos campos.

El proyecto que se presenta aquí se trata de un velero dedicado al crucero-regata, alternativa híbrida de las que se han explicado más arriba, buscaremos la velocidad mezclada con el confort para largas travesías. Y dentro de este concepto de barco pueden abrirse distintas formas de enfocar el crucero. Por un lado se encuentra el crucero-regata de paseo de día. Forma más habitual entre los propietarios de veleros de pequeña eslora que se ven en los puertos deportivos. Estos veleros se caracterizan por tener un fácil y sencillo equipo de gobierno y maniobra para pasar el día navegando y acercarse a alguna cala a fondear a la vez que competir. El crucero-regata costero, veleros con la suficiente habilitación para vivir a bordo durante unos días y poder realizar travesías costeras en regata. Y finalmente el crucero-regata oceánico para largas travesías oceánicas.

Autonomía y cualidades marineras para una cómoda y segura navegación son las principales características que debe cumplir este tipo de veleros.

Puede tratarse de uno de los veleros de una empresa de charter que ofrece travesías por todo el Mediterráneo durante los meses de verano de Mayo a Septiembre. Para mantener el negocio en temporada baja amplía la oferta para navegar por el Caribe durante el invierno, ofreciendo también la travesía del Atlántico partiendo en Octubre hacia las Islas Canarias y llegando al Caribe antes de Navidad, tras la temporada de huracanes, siguiendo un tramo de la ruta de los Clippers del Siglo XIX. La travesía de vuelta la realiza por el Atlántico norte haciendo etapa en las Islas Azores antes de volver a entrar en el Mediterráneo.

Las grandes compañías de alquiler de barcos han popularizado, sobre todo en los últimos años, el acceso a ciertas zonas de navegación fuera del alcance de un barco con base en Europa. Aunque no constituye la manera más económica de vacaciones

(pues hay que incluirle el precio del transporte aéreo) permite descubrir otros litorales lejanos.

Algunos posibles destinos del Mediterráneo Este: Grecia Turquía y Croacia. En el Mediterráneo Oeste: Islas Baleares, Sicilia y Cerdeña.



Figura 1. Zona de navegación 1, mar Mediterráneo

Para la travesía Atlántica paso por las Islas Canarias en la travesía de ida y por las Islas Azores en la de vuelta.

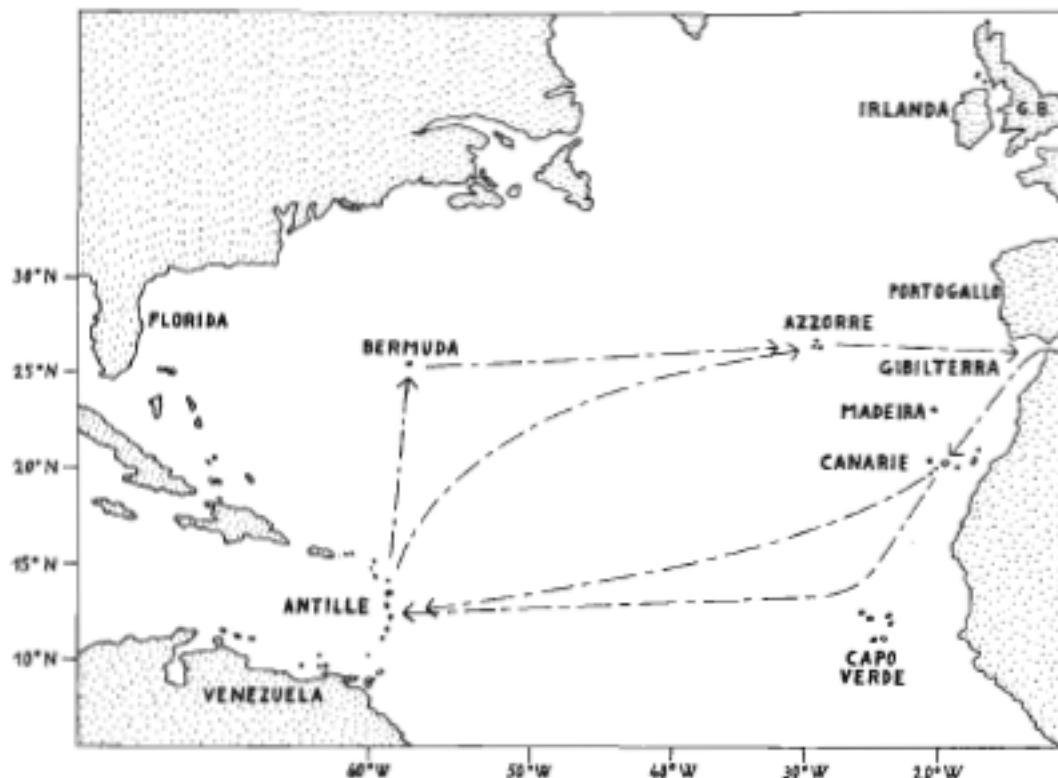


Figura 2. Zona de navegación 2, travesía del Atlántico.

En el Caribe, desde Trinidad hasta Las Bahamas, hay una gran diversidad de islas que puede elegir cada temporada.

2.2 Propiedades que pueden definir el carácter de un velero

Unas son propiedades para la navegación, otras lo son para la vida a bordo, mientras que algunas se encuentran implícitas en ambas.

- **Velocidad.** Este sería un parámetro más propio de embarcaciones de regata. Como la velocidad está directamente influenciada por la eslora de flotación del barco, en caso de esloras pequeñas podría ser un concepto a tratar de maximizar trazando así unas formas muy hidrodinámicas que permitan ayudar al casco a entrar en planeo y aumentar así su velocidad límite. El casco que se diseña aquí se trata de una gran eslora. Por este motivo se puede llegar a alcanzar velocidades altas sin entrar en

planeo. Lo normal para este tipo de proyecto implica que debe diseñarse el casco para alcanzar los 10 nudos, una velocidad bastante alta para un velero y más que suficiente para realizar travesías largas dónde no es tan importante navegar rápido.

- Capacidad de ceñida. Análogamente al concepto anterior, este es también más propio de un barco regatero, donde es de vital importancia tratar de gobernar el barco que más ciñe de la competición. Para un crucero de placer, sin dejar de ser una condición necesaria para poder navegar, es suficiente que el velero pueda ganar barlovento medianamente. Además los veleros megayates no son barcos que se caractericen por ser unos grandes ceñidores. Un yate de 18 metros necesitaría una orza realmente grande para tener buenas prestaciones de ceñida, calado inviable para entrar en muchos puertos y fondeaderos. Por ello deben diseñarse los apéndices con el menor calado sin comprometer el ángulo de ceñida. Por otro lado, siguiendo con la filosofía de la misión del velero, hay que estudiar las aguas por las que navegará. En la travesía del Atlántico, aprovechando los vientos Alisios, la mayor parte del tiempo se navega con vientos portantes. En el Mediterráneo, con sus vientos variables, sí es importante la capacidad de ceñida.

- Autonomía. Factor muy importante para este propósito. No sólo se trata de disponer un buen tanque de combustible para cubrir largas millas en caso de calma, sino también el de disponer de agua dulce, electricidad, conservación de alimentos, tratamiento de residuos, etc. durante varios días sin necesidad de arribar a puerto.

- Formas del casco. Debe ser muy marinero, que pueda ofrecer un comportamiento adecuado con oleaje y estable en todos los rumbos. Las formas deben poder reducir en lo posible las aceleraciones a bordo producidas por la navegación en la mar.

- Escora. Es otro factor importante. Debe pensarse en la comodidad de los pasajeros a bordo. Para reducir la escora, el velamen izado será repartido en varias configuraciones de velas, con las que podremos navegar en todas las condiciones, reduciendo así la escora por llevar el centro vélico más bajo que en el aparejo equivalente con la máxima superficie vélica.

- Confort abordó. Las grandes aceleraciones, cortos periodos de balance, el sentir que un barco sea demasiado duro hacen incómoda la vida abordó. El barco tiene que ser capaz de amortiguar los golpes de la mar y producir un movimiento lo más suave y agradable posible.
- Habitación. Espacio vital, iluminación, altura interior, número de camarotes y camas, aseo, equipamiento práctico, etc. Son quizá los primeros conceptos que esperan los pasajeros al subir a bordo. Por otro lado el armador espera poder ofrecer lujo a sus clientes. Por tanto maximizar el espacio interior y hacerlo cómodo y lujoso tendrán también importancia.
- Espacio en cubierta. Relacionado con el párrafo anterior, la cubierta, además de disponer de todos los elementos para la maniobra llevada a cabo por la tripulación, se debe poder dejar espacio para el descanso así como de tener elementos de refugio en caso de inclemencias meteorológicas.
- Maniobrabilidad. En lo relativo a facilidad de evolución, no es un velero que necesite una gran capacidad de cambio de rumbo en poco espacio, algo que sí es necesario en veleros de alta competición. Sólo en el interior de marinas y puertos es necesaria una mínima maniobrabilidad y la instalación de una hélice de maniobra en proa ayuda en este menester, pero para nuestro proyecto se desecha la idea por ser un elemento totalmente de crucero. La estabilidad de ruta sí sería un factor importante a cumplir. El casco debe tener formas adecuadas para cumplir con este objetivo. De esta manera es menos cansado para el timonel y se ahorra energía a la hora de poner en funcionamiento el piloto automático.
- Prestaciones del aparejo. El diseño, la forma, la aerodinámica y el rendimiento no son tan importantes como en un barco de regata 100%.
- Facilidad de manejo del aparejo. Disponer un aparejo sencillo en un crucero-regata es fundamental. En el caso de ser un velero gobernado por una tripulación profesional no habrá que dedicar tanta atención en este menester, pero sí en la medida de que se trate de una tripulación reducida.

Puede verse que muchos de estos conceptos están relacionados con la seguridad y la comodidad a bordo. Estas dos ideas son las primeras que se deben conseguir alcanzar en este diseño. Una vez conseguidas estas puede pensarse en tratar de ganar algo de rendimiento y velocidad.

2.3 La influencia de las regatas en el diseño.

Puede decirse que la historia de los veleros de regata ha sido principalmente una competición contra las reglas de medición en vez de contra el mar. Es interesante observar que éstas han tenido más influencia en el diseño de los veleros que la propia mar. No sabría decirse si los actuales veleros de regata modernos han evolucionado gracias a las reglas de medición o más bien como resultado de ellas.

Las reglas de medición (Rating) fueron creadas para que barcos de distintas esloras pudiesen competir en igualdad de condiciones y que la regata tuviera mayor interés. En general, el velero de más eslora es siempre más rápido que el de eslora menor por tener una mayor eslora de flotación. Para ello lo que se aplica un coeficiente corrector, "tiempo compensado", según el cual el tiempo real medido desde la salida hasta la meta queda ajustado por el Rating de cada barco.

A modo de ejemplo se puede comenzar hablando de aquella regata que tuvo lugar el 22 de Agosto de 1851 en donde la goleta América venció contra la Aurora y otros 13 yates más regateando alrededor de la Isla de Wight. Primera competición que en la actualidad es la mundialmente conocida America's Cup. Aunque por aquel entonces ya se había comenzando a desarrollar el asunto de introducir una compensación de tiempos, en esta regata no se aplicó ningún método para ello. La goleta Aurora llegó en segunda posición 8 minutos después de la América. Resultado esperado teniendo en cuenta que había una diferencia de más de 30 pies en la eslora de flotación entre ambos barcos. Si se hubiese aplicado una compensación de tiempos la goleta Aurora habría sido la vencedora. Esas primeras reglas de medición, introducidas por G. H. Ackkers en 1843, se basaban en la medida del arqueado del barco. En sus inicios se aplicaban 45 segundos por incremento de tonelada, midiendo el tonelaje del barco como si de un buque mercante se tratara. La fórmula con la que se medía el tonelaje evolucionó varias veces a lo largo de la historia.

Siglos antes de esta regata los buques mercantes se comparaban mediante el sistema siguiente.

$$(L \cdot B \cdot D) / 100 = \text{Tonelaje (1)}$$

Donde L es la eslora, B la manga y D la profundidad de la bodega.

Fórmula que se usaba para medir el arqueo de los buques mercantes de aquella época. Como era complicado medir la profundidad de la bodega cuando el buque se encontraba cargado, se tomó la estimación de aproximar este valor como el valor de la semimanga, por tanto esta fórmula evolucionó hacia la siguiente:

$$(L \cdot B \cdot 1/2B) / 94 = \text{Tonelaje (2)}$$

Hay que tener en cuenta que en aquella época, para introducir los valores en esta fórmula, la eslora se medía sobre la línea de la quilla desde la perpendicular de proa hasta el codaste.

En 1773 la fórmula fue modificada nuevamente para permitir una deducción de 3/5 de manga en la inclinación de la popa a lo largo de la quilla.

$$[(L - 3/5 B) \cdot B \cdot 1/2B] / 94 = \text{Tonelaje (3)}$$

Esta fué la conocida Builder's Old Measurement (BOM) y era la que estaba en uso para los buques mercantes cuando la goleta América ganó en 1851.

Una fórmula prácticamente idéntica fue la que adoptó Estados Unidos bajo el nombre de Carpenter's Measurement, en donde el valor de la profundidad de la bodega se volvía a usar en vez de aproximarla por ó manga, y la eslora se tomaba sobre la cubierta:

$$[(L - 3/5 B) \cdot B \cdot D] / 95 = \text{Tonelaje (4)}$$

Si se mide la goleta América con (4) se obtendría 170 toneladas, en cambio con la BOM (3) se llegaría a 208 toneladas.



Figura 3. Goleta América.

Puede verse que la BOM (3) penaliza la manga drásticamente y que su efecto adverso sobre el tiempo descontado no era proporcional a su contribución a la velocidad.

Siguiendo con las reglas de medición para los yates, pronto se demostró el hecho de que fuese la eslora, y no la manga, la dimensión que proporcionaba la velocidad a los barcos. Y antes de que se descubriera la ventaja de sustituir la no penalizada orza lastrada por la muy penalizada manga, nació la primera trampa en las reglas de medición.

Se trataba del cutter Cygnet de 1846. En su diseño se introdujo un ángulo en la popa que proporcionaba un mayor valor de eslora de flotación LWL para un valor de eslora de quilla L dado, que era la eslora que se tomaba para la fórmula. De esta manera al calcular el tonelaje del Cygnet este resultaba menor y obtenía por tanto un menor tiempo compensado.

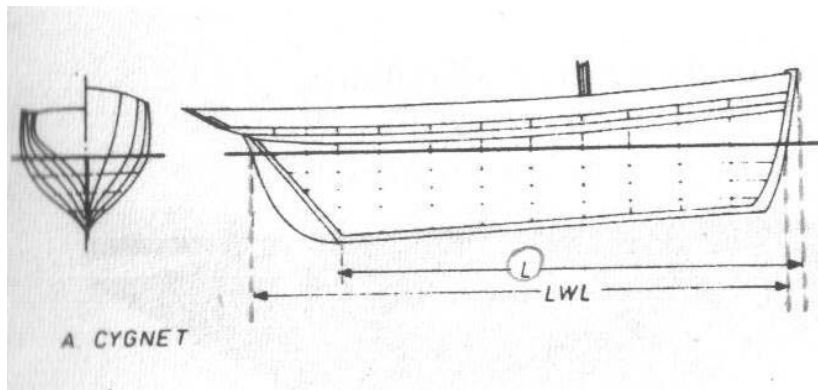


Figura 4. Cygnet y su codaste inclinado para alargar la flotación.

Este fue el comienzo del mal efecto que producen las reglas de medición en el diseño de los veleros. A partir de este momento los cambios inspirados en las reglas se fueron haciendo cada vez más frecuentes y más radicales. El ángulo de la popa que inicialmente era de unos 20° ó 30° pronto llegó a ser de 50°. Esta evolución llevada a tal extremo produjo una deficiencia en el gobierno con el timón.

En 1855 el Royal Thames Yacht Club revisó la BOM aumentando la reducción de 3/5 de la manga por la manga completa en un intento de reducir la ventaja que disfrutaban los yates que habían sido contruidos con un excesivo ángulo de popa. Esta fórmula terminó siendo conocida como Thames Measurement (TM) y sobrevivió sin cambios hasta la primera mitad del siglo XX.

$$((L - B) \cdot B \cdot 1/2B) / 94 = \text{Tonelaje (5)}$$

Como consecuencia de esta fórmula las esloras sufrieron un rápido crecimiento mientras que la manga, gravemente penalizada, fue reduciéndose poco a poco.

Asimismo puede verse que el calado no se tenía en cuenta. Por ello los yates fueron cada vez más y más esbeltos y más y más profundos, como pueden verse en las siguientes figuras.

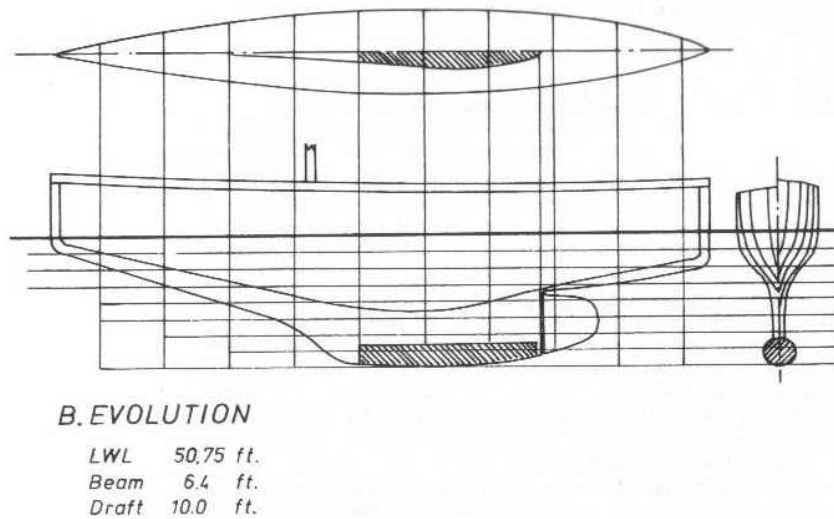


Figura 5. "Evolution", producto de la "Thames Measurement".

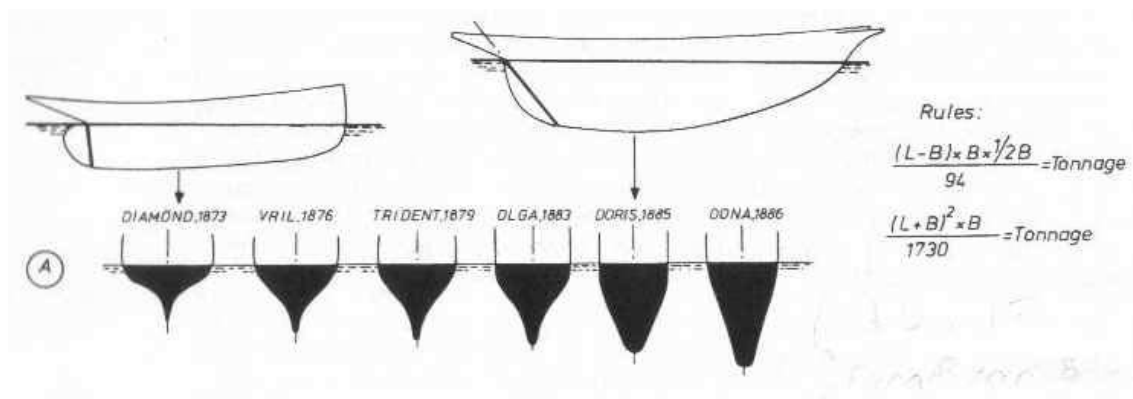


Figura 6. Evolución de las secciones maestras debido las reglas de medición de 1855 a 1882.

Unos años más tarde surgieron unas nuevas reglas de medición establecidas por el arquitecto naval Dixon Kemp que introducían la superficie vélica y en donde se dejaba de tener en cuenta la manga.

$$(L \cdot SA) / 4000 = \text{"Sail-Tons"} \quad (6)$$

Como la manga dejaba de estar penalizada los ingenieros navales comenzaron a aumentar la manga para conseguir la necesaria estabilidad transversal para soportar mayor superficie vélica.

La tendencia que seguían las secciones maestras se invirtió, como se observa en la figura 7.

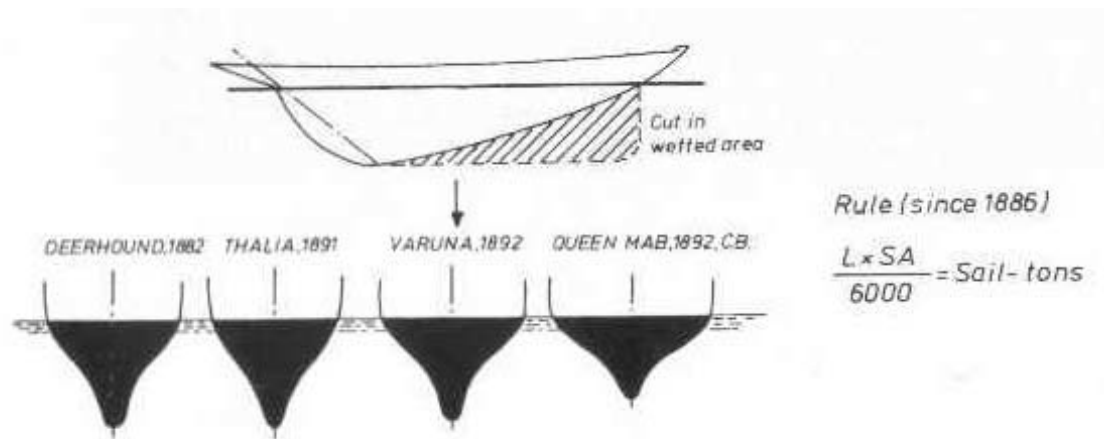


Figura 7. Evolución de las secciones maestras debido a la regla de medición de 1886.

Todo esto demuestra la enorme influencia que pueden tener las reglas o fórmulas de medición sobre los diseños de los veleros. Estos han sido tan sólo algunos ejemplos que hacen claramente visible cómo puede afectar en las formas de un casco de regatas una simple fórmula con la que se logra ganar unos pocos, pero decisivos, segundos en una regata. Se ha podido ver que en ocasiones para poder alcanzar un buen valor de rating, el barco diseñado resulta muy pobre en estabilidad, gobierno, etc. E incluso en alguna ocasión llegaron a diseñarse cascos que resultaban tener una mayor resistencia al avance con fin único de alcanzar un mejor valor en la fórmula de medición.

Se ha resumido cómo fueron los comienzos de las fórmulas de medición. En la actualidad estas fórmulas son mucho más elaboradas. Se tienen en cuenta muchos más factores. Pero aún así el diseñador que se sienta y trata de proyectar un nuevo velero de regatas tiene siempre en cuenta las fórmulas de medición aplicables y sigue intentando buscar el mejor resultado a través de las mismas.

Como en muchos otros casos, la historia siempre aprende de los errores. Las fórmulas de medición han producido veleros verdaderamente desacertados, pero asimismo siempre han producido una presión de trabajo por conseguir el mejor velero de regatas. Estos diseños equivocados han permitido ver qué puede funcionar o qué no funciona.

2.4 Tragedias que marcaron puntos de inflexión en el diseño

Tampoco debe pensarse que siempre se diseñaron malos veleros. En opinión de muchos arquitectos navales los veleros diseñados antes de la década de los 70, desde el punto de vista actual, tuvieron muy buena consideración en cuanto a propiedades marineras. Pero una vez más la fiebre por la velocidad para poder ganar regatas hizo mella en el diseño y está demostrado que puede decirse ahora que los actuales diseños han perdido las cualidades marineras que tenían hace unas décadas.

Un hito que marcó la historia de la vela fue la regata de la XXVIII edición de la Fastnet. Aquel 11 de Agosto de 1979 la flota de 303 veleros se encontró a la salida de la regata con vientos de Fuerza 6 en la escala Beaufort con rachas de Fuerza 7 y predicción para Fuerza 8. Un viento fuerte, pero no tanto como para que cundiese el pánico entre los experimentados regatistas y por ello siguieron adelante sin anular la regata. Una borrasca se había formado sobre Canadá antes de la salida pero el pronóstico era que sería inofensiva hasta varios días más tarde, tras la celebración de la misma. Sin embargo la meteorología cambió drásticamente en pocas horas y cuando se quiso dar el aviso ya soplaban vientos de Fuerza 10 que alcanzarían pocas horas más tarde Fuerza 11 atrapando por completo a todos los yates.



Figura 8. Helicóptero de rescate durante la Fastnet 79

De los 303 yates que cruzaron la línea de salida en la isla de Wight, tan sólo 85 cruzaron la línea de meta. 194 se retiraron, 112 sufrieron un vuelco hasta la horizontal

y 5 se hundieron. 136 personas fueron rescatadas por servicios de emergencia y el resultado fue de 15 víctimas mortales.

Esta catástrofe empujó a algunos investigadores a estudiar cómo se produce el fenómeno de vuelco en veleros y de qué parámetros del barco depende. De los resultados de los mismos se observa sorprendentemente que veleros diseñados varios años antes, con carena en V y quilla corrida, resultan tener mejores propiedades de estabilidad que los diseños de los modernos yates actuales.

Estos estudios deberían haber dado un toque de atención a los diseñadores en cuanto a tratar de mejorar la seguridad. Sin embargo varias regatas posteriores han tenido también resultados catastróficos.

En 1984 la regata Vasco de Gama dejaba un hundimiento y tres vuelcos de 360 grados. En 1991 la catástrofe de la regata Japón–Guam no recibió mucha publicidad a pesar de que 14 navegantes perdieron la vida. Todos estos hitos no parecieron tener demasiado efecto en el diseño de los yates. En la regata Sydney Hobart de 1993 no hubo víctimas sin embargo sí muchos desastres estructurales en los diseños más modernos. Las reglas de medición favorecían a los barcos ligeros, con casco de poco calado, que resultan difíciles de gobernar. Las orzas no estaban unidas al casco de forma suficientemente resistente. Pocos años más tarde en la Sydney Hobart de 1998 con condiciones más severas y con una borrasca inesperada que provocó vientos de 70 nudos (más de Fuerza 12) murieron 6 personas y 55 fueron rescatadas. 6 yates volcaron y 7 fueron abandonados principalmente por fallo estructural.



Figura 9. Velero capeando el temporal de la regata Sidney-Hobart de 1998.

2.5 Análisis de los veleros actuales.

La evolución de los cascos de embarcaciones a vela ha evolucionado enormemente en las últimas décadas. Como acaba de verse, uno de los factores más importantes han sido las regatas y sus reglas de medición. Las primeras han influido en el diseño de los cascos por dos caminos. Por un lado se desarrollan cascos cada vez más rápidos, comprometiendo cada vez más la habitabilidad e incluso la seguridad a bordo. Por otro como ya se ha visto, las reglas de medición producen que los diseñadores intenten jugar con ciertos parámetros del barco sólo para conseguir salir más airosos de las penalizaciones de las mismas. Todo ello conlleva a unos cascos en donde se pierde el sentimiento del placer de la navegación a vela y que en ocasiones ha llegado a provocar el desastre por querer anteponer la velocidad a la seguridad, como se ha visto en algunas regatas.

Fruto de los diseños de regata, los actuales diseños de veleros de crucero están bastante influenciados por los primeros. Puede entonces llegar a decirse que incluso

los denominados veleros de “crucero” actuales son bastante “crucero-regata”. En las siguientes figura 10 y 11 puede verse un velero de regatas y un velero de crucero actual, donde se aprecian fácilmente unas formas muy similares.



Figura 10. Velero de regatas.



Figura 11. Velero de crucero.

Uno de los problemas a los que se han enfrentado las instituciones encargadas de elaborar las reglas de medición es la de tratar de dar por igual importancia dos factores: la velocidad y la seguridad. Como se ha visto casi siempre las reglas se han establecido a favor del primero, la velocidad. El compromiso es complicado, las variables que maximizan uno de ellos minimizan el otro. Se hace imposible maximizar ambos factores.

Un concepto que no se tiene en cuenta en las reglas de medición es la comodidad, pues en regatas no es una prioridad. Concepto que puede parecer subjetivo, pero que puede estudiarse y tratar de maximizarse, como se realiza en este proyecto. Por tanto para este proyecto, de los tres factores (velocidad, comodidad y seguridad) al tratarse de un velero tipo oceánico clasificado dentro de los crucero-regatas, la seguridad será primordial, velocidad y comodidad quedará empatadas en segundo plano después de esta. Por otro lado, en cuanto a la seguridad, es posible que un velero pueda considerarse muy seguro y sin embargo muy incómodo y viceversa, un velero puede ser muy cómodo e inseguro cuando las condiciones se ponen duras. Por tanto el principal compromiso a tratar de conseguir maximizar será el de estos dos últimos conceptos, seguridad y comodidad.



Figura 12. La velocidad por encima de la seguridad.

Actualmente, como puede verse en el mercado de cruceros, los veleros se diseñan con una gran manga, alargando esta lo más a popa posible. Esto implica un barco con mayor capacidad de soportar velamen. Además se ofrece así una gran habitabilidad interior en la zona de popa y una amplia bañera. Sin embargo estas formas pueden favorecer que el comportamiento del barco sea demasiado duro, se adrizará muy rápidamente al recuperarse de una racha resultado ese movimiento incómodo para la tripulación o pasaje a bordo. Así mismo cuando el barco navega escorado la gran manga hace que se levante la popa sacando parte del timón del agua y haciendo el barco ingobernable al timón. Como la proa tiene menor volumen que la popa, no navega bien escorado y tiende a picar la proa en las olas. Con vientos portantes, al ser alcanzado con mares de popa, al tener la popa un gran volumen hace que esta se levante. Como la proa tiene un menor volumen en relación con la popa, tiende a clavar

la proa y como esta suele ser últimamente recta al clavarse hace de freno y ayuda al barco a irse de orzada y hacerse ingobernable. En la siguiente imagen puede verse bien este desequilibrio en un casco para regatas transoceánicas.



Figura 13. Velero de regatas.

Según J. Laurent Giles, un barco bien equilibrado es un barco que tiene un movimiento suave con mar formada, que pasa bien las olas sin clavar la proa en la siguiente ola y sin poner la proa mirando al cielo cuando esta pasa la ola, ni dejar de levantar la popa con vientos portantes. Un barco bien equilibrado necesita poca fuerza al timón para mantener el rumbo, incluso con el barco escorado. Si el barco está mal equilibrado la fuerza que debe hacerse al timón para mantener el rumbo aumenta a medida que aumenta el viento y la escora. Un barco que no está bien equilibrado tiende a dar orzadas cuando escora. El movimiento de balance hace perder el control de rumbo y de esta manera es más fácil que se produzca el vuelco.

Sobre la década de los años 30, el Almirante A. Turner estudió cuáles eran las causas del desequilibrio en veleros. Según Turner para conseguir un yate bien equilibrado el casco debe sumergir aproximadamente el mismo volumen en proa y en popa cuando escora. La distribución de presiones asimétrica cuando el barco escora no debe variar mucho de la que se tiene con el barco adrizado. Toda esta teoría llevada a la perfección haría que el barco se convirtiese en un "metacentroide", donde las posiciones del centro de carena y de gravedad serían independientes del ángulo de escora.

Observando los cascos de regata que pueden verse actualmente se ve que esta

teoría se ha olvidado.



Figura 14. Casco de regatas.

En cuanto al gobierno y la estabilidad de rumbo, los antiguos diseños de veleros de quilla corrida eran una garantía para la estabilidad de rumbo y apenas tenían tendencia a dar guiñadas. Sin embargo su maniobrabilidad dejaba mucho que desear y ofrecía mucha superficie mojada. Hoy en día está demostrado el gran rendimiento que tienen las orzas esbeltas. Cuanto mayor es su relación de aspecto mayor es la sustentación que puede dar lugar. Además de esta manera se disminuye la superficie mojada en comparación con las quillas corridas. Sin embargo resultan veleros muchos más nerviosos, con más facilidad de pérdida de rumbo y en los que se debe permanecer gobernando continuamente.

Hace algunas décadas se instalaba a proa del timón un "skeg" o talón de quilla en el codaste que servía para dar mayor estabilidad de rumbo. Esta idea está ahora desechada y sin embargo ofrecía entonces un buen compromiso entre estabilidad de rumbo y maniobrabilidad.

En lo referente a las formas ya se ha comentado las desventajas de las popas anchas. Hablando de la proa, un pie de roda clásico con lanzamiento, es más marinera. Las proas actuales son rectas, alargando así la eslora de flotación y por tanto la velocidad que puede alcanzar el velero. Sin embargo con una Génova grande este tipo de proas se clava en las olas.



Figura 15a y 15b. Formas muy marineras.



Figura 16. Velero marinerero.

Como se ha comentando antes, tras el desastre de la Fastnet de 1979, varias organizaciones elaboraron estudios sobre la estabilidad en veleros. Por un lado se analizó cuáles eran los parámetros y la relación entre ellos que podían afectar a la estabilidad del velero. Por otro lado se investigó como ha sido la tendencia en el diseño de los yates y su influencia en términos de estabilidad.

En la siguiente figura se muestran los diferentes diseños, ordenados cronológicamente, que se utilizaron para dichos estudios. Diseños de 1963 hasta 1981. También se indica el valor de la relación desplazamiento-eslora . A la vista se observan fácilmente cambios muy apreciables en los diseños.

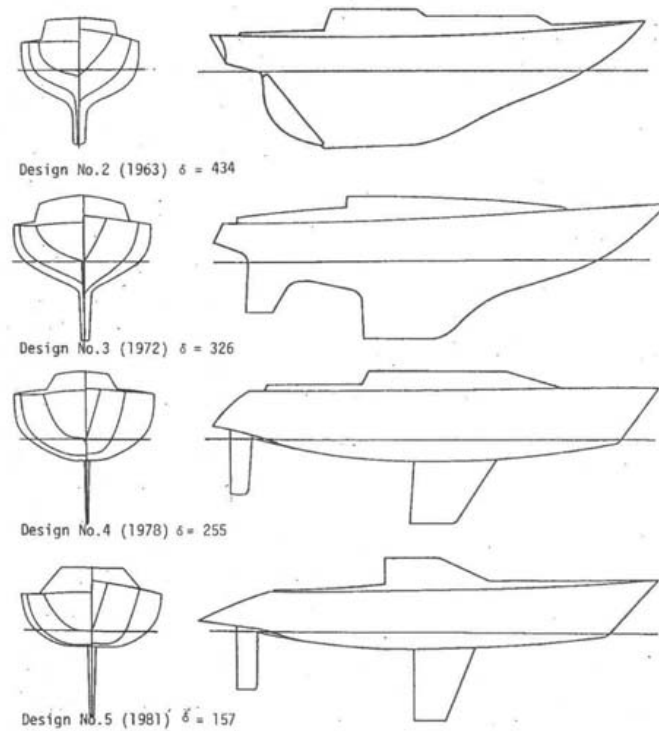


Figura 17. Modelos utilizados para el estudio de estabilidad.

En la siguiente figura se representa la curva de estabilidad genérica de un velero. En ella se muestra el valor del máximo momento adrizante, el área de estabilidad positiva, el ángulo límite de estabilidad y el área de estabilidad negativa.

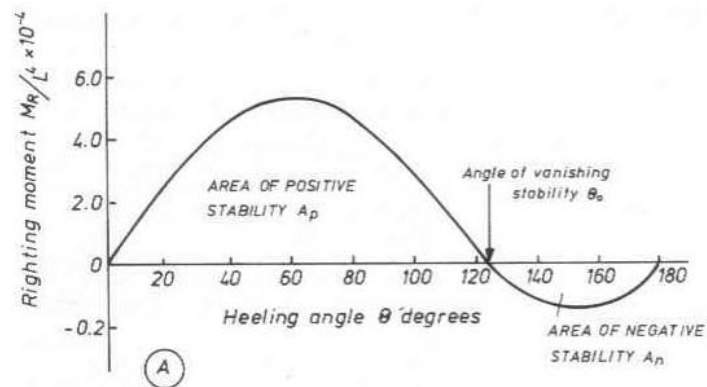


Figura 18. Curva de estabilidad de un velero.

A continuación se representa la conclusión a la que se llegó tras el estudio trazándose la tendencia que han seguido estos parámetros desde 1960 hasta 1981.

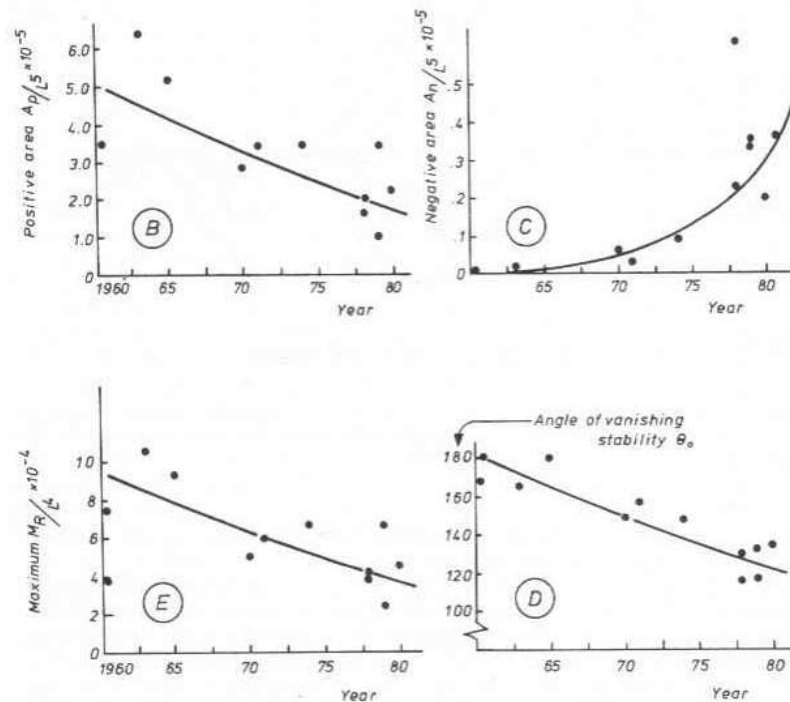


Figura 19. Evolución temporal de algunos parámetros de la estabilidad.

En la figura 19.B está representado la evolución del área de estabilidad positiva a lo largo de los años. Esta área es una aproximación de la medida de la energía que se requiere para volcar el velero en aguas tranquilas, aunque puede reducirse bastante en olas. Se observa que la tendencia es decreciente. A medida que evolucionan los diseños los veleros son más fáciles de volcar.

La figura C muestra la evolución del área negativa. Es una medida de la energía requerida para adrizar el velero una vez que se encuentra en posición invertida tras un vuelco. Como puede verse a medida que pasan los años se hace más difícil volver a adrizar un velero. Es más estable en la posición invertida y necesita un buen golpe de mar o de viento para volver a adrizarse. Por otro lado, la evolución del momento adrizante esta representado en la figura E. La tendencia es que los barcos van teniendo menor momento adrizante. Y por último, el valor del ángulo límite de estabilidad (ALE) (Angle of Vanishing Stability, AVS) , ángulo que representa el valor máximo de escora hasta donde puede llegar a escorar un velero y recuperar el equilibrio (no confundir con el ángulo de inundación). Es el momento en que los centros de gravedad y de carena están sobre la misma vertical y se anula el par adrizante. Se observa que va siendo menor a lo largo de los años.

Toda esta información muestra que los veleros tomados para el estudio tienen cada vez menores propiedades de estabilidad según son más modernos.

Otro estudio que se ha realizó fue el de tomar dos veleros que participaron en la regata Fastnet de 1979 y analizarlos. Estos veleros eran de diseños completamente diferentes. Por un lado se toma el Grimalkin, velero de formas modernas construido de acuerdo a las reglas de medición de antaño con casco plano y orza estrecha. Por otro lado el Contessa 32, con casco de desplazamiento en V y orza ancha, diseño posterior.

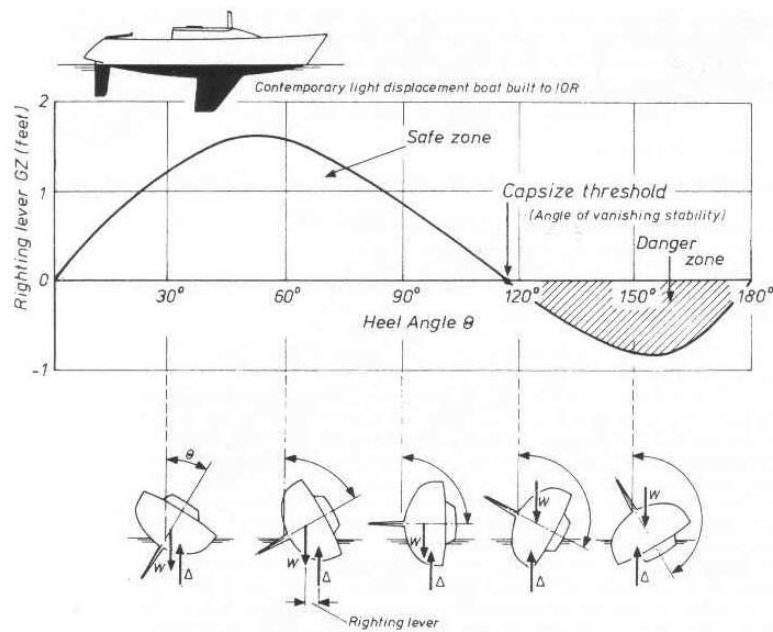


Figura 20. Curva de estabilidad del Grimalkin.

En la figura 21 pueden compararse las curvas de estabilidad de ambos diseños.

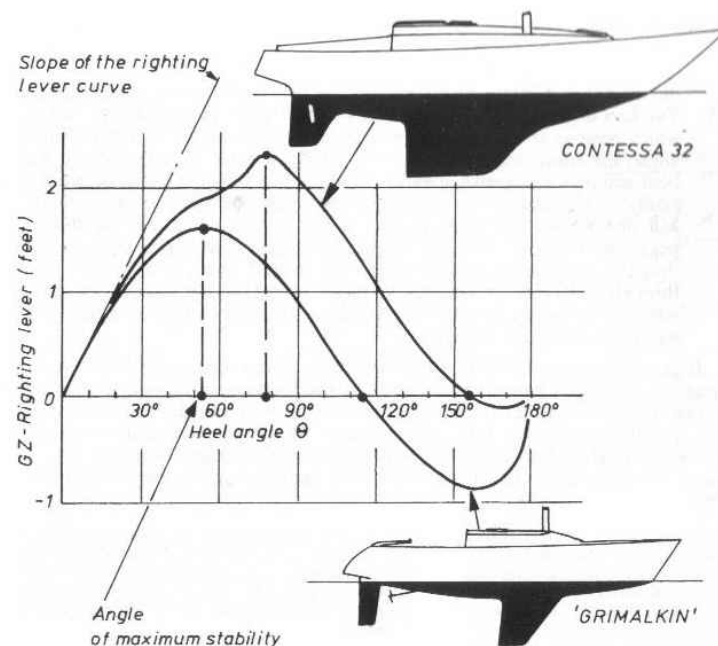


Figura 21. Curvas de estabilidad del Grimalkin y del Contessa 32.

En cuanto a la estabilidad inicial, por debajo de los 10 grados de escora la pendiente de la curva del Contessa 32 es mayor, es más estable que el Grimalkin .

El momento adrizante es mayor en el Contessa 32, debido a su bajo centro de gravedad, pero se consigue a mayor ángulo de escora que en el Grimalkin. Una clara diferencia se aprecia también en el valor del ángulo límite de estabilidad.

Mientras que el Grimalkin deja de ser estable poco después de los 115° de escora el Contessa 32 tiene estabilidad positiva hasta los 155° de escora. Una vez en posición estable invertida el Grimalkin necesita ser empujado 65° para volver a adrizarse mientras que el Contessa 32 tan sólo necesita 25° para recuperar la vertical.

Esta diferencia es todavía mayor si se comparan barcos todavía más diferentes en diseño y año de construcción.

Tomando un velero de desplazamiento ultraligero con una relación desplazamiento eslora que no llega a ser de 100 y comparándolo con un "quilla corrida" tradicional los resultados son todavía más dispares.

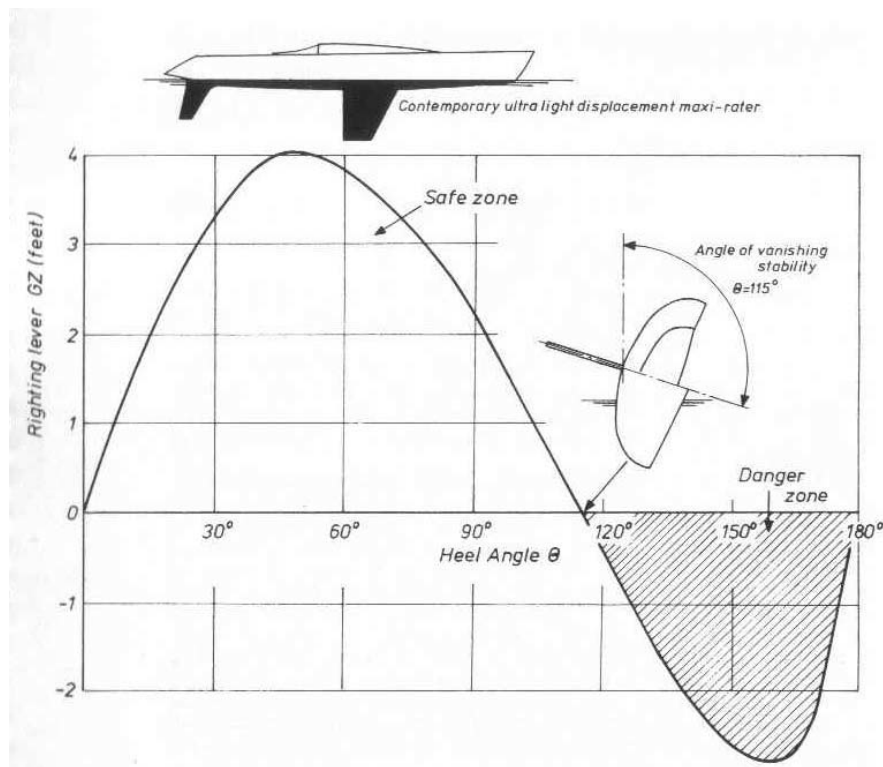


Figura 22. Curva de estabilidad de velero de regatas ultraligero.

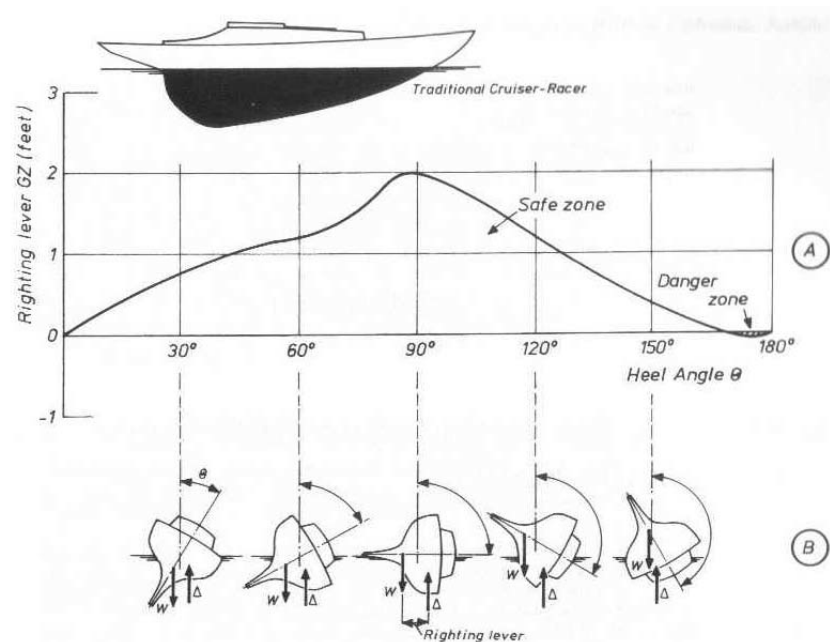


Figura 23. Curva de estabilidad de un diseño tradicional de "quilla corrida".

El velero de regatas ultraligero puede ser un barco muy rápido pero su gran pendiente en la curva de estabilidad indica un barco muy rígido. La tripulación a bordo estará

sometida a fuertes aceleraciones y movimientos bruscos. El valor del momento adrizante es muy alto pero se produce a unos 50° de escora, superada esta escora disminuye y deja de ser estable a 115° de escora. También puede verse una gran estabilidad negativa, es decir, una vez volcado es difícil que vuelva a adrizarse.

Por otro lado el diseño clásico tiene un momento adrizante mucho menor. La pendiente es mucho más suave, se trata de un barco blando que escora enseguida ante una racha de viento, pero sus suaves aceleraciones en balances son más cómodas para la tripulación. El ángulo de estabilidad positiva llega hasta aproximadamente los 170° y prácticamente no tiene estabilidad negativa. Es un barco que apenas pasa por la posición invertida si se produce el vuelco, pues se recupera enseguida.

Otro punto de vista que demuestra la influencia de las reglas de medición sobre la estabilidad de los veleros se muestra a continuación. Conseguir un barco más estable significa poder llevar más vela y por tanto alcanzar más velocidad. Pueden diseñarse veleros muy ligeros pero muy lastrados. Como esta tendencia no era buena para el deporte, hace varias décadas se implementó en las reglas de medición el "Tenderness ratio"². Con ello se penalizaba la estabilidad debida a al lastre. La evolución de algunos parámetros debido a esta regla de medición se muestra en la siguiente figura.

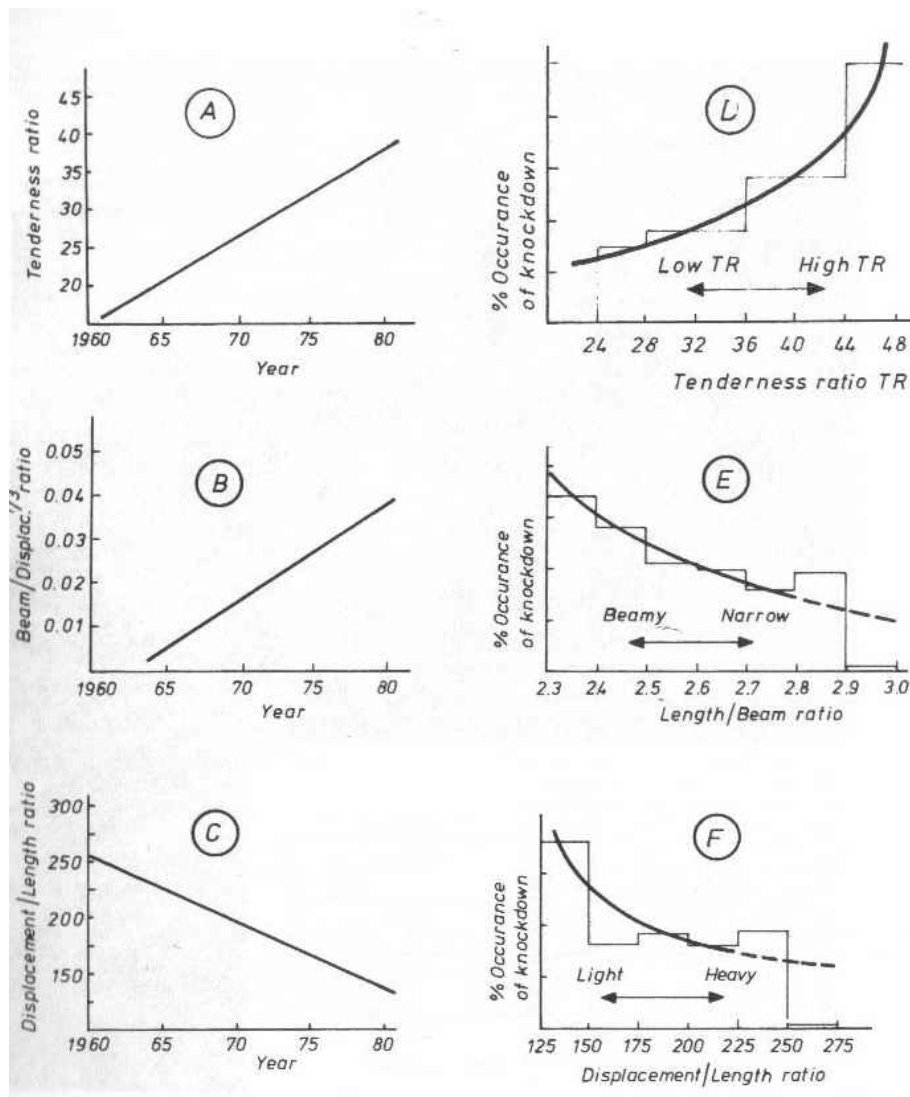


Figura 24. Evolución y consecuencias del "Tenderness Ratio".

A la izquierda las figuras A, B y C muestran la evolución a lo largo del tiempo del Tenderness ratio , la relación manga-desplazamiento y la relación desplazamientoeslora.

A la derecha las figuras D, E y F indican la probabilidad de vuelco en función de los anteriores parámetros.

A medida que el Tenderness ratio ha crecido se han producido más vuelcos. A medida que los barcos se han ido haciendo más mangudos también ha habido más vuelcos. Y por último cuanto menor ha sido el desplazamiento las probabilidades de vuelco han aumentado.

Por último, para finalizar este apartado, sería interesante hablar del índice de estabilidad en veleros. Desde 1993 se comenzó a tratar de sacar a la luz un estándar que sirviese para evaluar las cualidades marineras de un velero, seaworthiness .

En 1998 se presentó la norma ISO 12217 que establecía los criterios de seguridad relacionados con la geometría de la embarcación, su peso y su posición del centro de gravedad. Norma que deben cumplir las embarcaciones de recreo de entre 2,5 y 24 metros vendidas en la Unión Europea. Con ello se intenta garantizar unas cualidades marineras mínimas para cada una de las Categorías de Diseño que la Directiva establece:

Categoría de diseño	Fuerza del viento (Beaufort)	Altura significativa de las olas (m)	STIX mínimo
A: Oceánicas (Viajes largos, autosuficientes en gran medida)	Mas de 8	Más de 4	32
B: Alta mar (Viajes en alta mar)	Hasta 8 incluido	Hasta 4 incluido	23
C: Aguas costeras (Viajes en aguas costeras, grandes bahías, grandes estuarios, lagos y ríos)	Hasta 6 incluido	Hasta 2 incluido	14
D: Aguas protegidas (Viajes en aguas costeras, pequeños lagos, ríos, canales, puertos, radas y aguas protegidas en general)	Hasta 4 incluido	Hasta 0,3 incluido	5

Figura 25. Categorías de diseño de embarcaciones de recreo según la ISO 12217.

El índice de estabilidad STIX es entonces un índice o numeral, que se obtiene de las medidas principales de cada velero y su curva de brazos adrizantes GZ.

Independientemente de la categoría de diseño, coloquialmente la sabiduría popular náutica ha tomado como medida de magnitud orientativa que cuando los diferentes términos que definen la fórmula con la que se calcula este índice son "normales", el STIX debe coincidir aproximadamente con la eslora de la embarcación en pies. Es decir, valores iguales o superiores a la eslora en pies indican unas buenas cualidades marineras. El problema viene cuando se observa que existen numerosos astilleros de embarcaciones de recreo de reconocidas marcas que son reacios a publicar el número de STIX de sus barcos por que estos no salen bien parados.

Como ejemplo se muestran a continuación algunos ejemplos de veleros de recreo y su correspondiente número de STIX calculado de acuerdo a la norma ISO 12217.

Velero	STIX
Bavaria 42	36
Beneteau Cyclades 43	36
Discovery 55	37
Beneteau 50	41

Figura 26. Índice de estabilidad STIX de algunos veleros.

Puede observarse que, aun teniendo un número de STIX superior a 32, se observa que dicho número es inferior a la eslora en pies. Por ello muchos astilleros no publican estos resultados en los catálogos de especificaciones técnicas de sus barcos.

Debe apuntarse que como la norma ISO 12217 en la que se aplica este número de STIX es sólo aplicable a embarcaciones de recreo menores de 24 metros, por lo que se utilizará para el cálculo de la estabilidad de este proyecto.

3 problemas principales del proyecto.

3.1 El problema de la base de datos.

Para conseguir darle unas buenas cualidades a este diseño se realiza un análisis de una base de datos de veleros de esloras semejantes a las de este proyecto.

El problema de usar una base de datos es que es que en ella se recogen embarcaciones que, aún teniendo la misma eslora, pueden estar diseñadas para diferentes programas o propósitos. Es difícil conocer cuál ha sido el concepto que ha tenido su diseñador para saber si un velero puede valer para la base de datos a recopilar disponiendo tan sólo de sus dimensiones. En ocasiones observando las formas del casco podría deducirse el carácter del barco, pero es algo complicado a simple vista salvo casos extremos de auténticos barcos de pura regata. Aún así a la hora de recopilar la información de los veleros se ha tratado de evitar tener en cuenta veleros de diseño más puramente regatero.

Por lo tanto en lugar de calcular las dimensiones del proyecto mediante regresiones de la base de datos, se ha querido proceder al revés. Esto es, fijar primero qué propiedades se pretenden conseguir y luego estudiar cómo fijar esas dimensiones de manera que en conjunto consigan el comportamiento esperado.

3.2 Poca literatura técnica enfocada en las grandes esloras.

Otro de los problemas encontrados durante el desarrollo del trabajo se trata de que la mayoría de la literatura técnica que puede usarse para el diseño de yates está enfocada en embarcaciones de recreo. Por ello algunos órdenes de magnitud de distintas relaciones entre parámetros no pueden aplicarse directamente para el diseño de grandes esloras como este diseño.

Por ello en este cuaderno se trabaja con una base de datos que abarca un gran abanico de esloras. De esta manera pueden trazarse algunas tendencias en las dimensiones o relaciones entre ellas que ayudan al cálculo de las dimensiones de proyecto de un velero como este proyecto.

4 Reglamentación.

La normativa que se ha tenido en cuenta para el diseño de este proyecto es la siguiente:

- Normativa UNE-ISO 12217
- Normativa UNE-ISO 12215
- Convenio Internacional de Líneas de Carga 1996
- SOLAS (no se aplica el SOLAS de buques de pasaje porque no lleva más de 12 pasajeros.)
- MARPOL

5 Base de datos.

A continuación se mostrarán los datos de una colección de embarcaciones con unas dimensiones y conceptos similares a la del diseño de este proyecto, actualmente existentes en el mercado y con el objetivo de encaminar los parámetros de este proyecto. Servirán de apoyo en la toma de decisiones y se realizarán unas gráficas de relaciones de estos para el análisis y estudio de los distintos comportamientos, de esta tabla sacaremos una idea de las proporciones y una estimación de las magnitudes principales de mi buque, respetando la especificación que se daba de una eslora de 18 m..

Teniendo en cuenta que no se puede acceder a la información de barcos parecidos con relativa facilidad, hay que recordar que los diseñadores son muy cautelosos a la hora de desvelar sus secretos de diseño.

Cuando llegue el momento de realizar las estimaciones el criterio que se seguirá será el que de una tendencia con el error menor posible y por lo tanto el mayor ajuste posible (con R^2 lo mas cercano a 1). Por ello en algunos casos la aproximación se realizara con otro tipo de curva distinto a la recta (exponencial, poligonal, etc.), sin usar aproximaciones con formas extrañas.

Este estudio estadístico se ha basado en la recopilación de parámetros de 21 embarcaciones, cuyas esloras varíen en un quince por ciento (15%), para que el resto de magnitudes sean lo mas parecidas posibles.

Otro factor que se ha tenido en cuenta es que la embarcación este construida en materiales compuestos, dando así una idea más real del desplazamiento que tendrá mi buque, una vez decidido el material del que estará compuesto el mismo.

Los datos más a tener en cuenta son los que referentes a la estabilidad del casco en cualquier condición, los cuales son:

- Las dimensiones principales: eslora total, eslora en la flotación, manga máxima y calado.
- El peso total del barco totalmente terminado, con todos los elementos necesarios para la navegación.
- La superficie vélica.

A partir de dichos datos, se han elaborado gráficos de dispersión en los que se relacionan unos parámetros con otros. Con ello se pretende tener una idea aproximada de los valores para los que la embarcación será capaz de producir un óptimo rendimiento, teniendo en cuenta que estos valores obtenidos sólo poseen valor estadístico, y únicamente son válidos para el tipo de embarcación concreta que se pretende diseñar.

Buque	LOA (m)	Lwl (m)	Manga B (m)	Calado T (m)	Desplazamiento Δ (Kg)	Lastre (Kg)	SA (m ²)
-------	------------	------------	----------------	-----------------	---------------------------------	----------------	-------------------------

Aiken 62	19,04	16,66	5,05	3,00	20.000	7.200	170,00
Beneteau 62	18,95	15,60	5,20	2,40	25.000	7.853	210,00
Bordeaux 60	18,38	16,28	5,18	2,95	26.700	9.400	180,00
Ro 620	18,90	17,79	5,12	3,30	19.900	7.000	206,00
IY 60	18,28	15,60	4,80	3,20	16.500	5.700	209,00
Swan 62 FD	19,82	19,55	5,34	3,10	28.500	11.200	208,00
X-61.2	18,28	15,87	5,11	2,95	23.000	9.100	214,00
Dynamique 62	18,93	15,55	4,89	2,44	27.000	9.800	193,00
Gilles Vaton 63	18,80	16,70	5,40	2,70	20.000		212,00
Grand Soleil maxi one	19,50	15,65	5,35	2,60	26.000	8.500	250,00
Swan 60 FD	18,86	16,70	5,09	3,60	19.500	7.700	221,00
Wally 60	18,46	15,91	4,95	4,00	17.000	6.500	210,00
swan 601	18,30	16,13	4,54	3,66	20.500	8.700	220,50
X-55	16,76	14,46	4,57	3,20	16.700	6.600	186,10
Moody 64	19,35	16,55	5,33	2,59	31.400	10.000	166,86
Comet 65	19,90	15,85	5,25	2,75	25.000	10.700	233,00
Baltic 60 ims	18,00	15,14	4,50	3,30	17.150	7.163	215,60
Baltic 64	19,51	15,70	5,27	3,35	25.500	11.182	194,54
Beneteau 64	18,96	15,61	5,21	2,13	25.000	7.853	120,03
Hanse 630E	19,00	17,10	5,20	2,95	23.700	8.900	196,11
Solaris ONE 60	18,97	17,10	5,15	3,30	24.000	7.700	234,85

También ha sido un factor relevante a la hora de elegir los modelos, el concepto de yate rápido, eligiendo para la base de datos, embarcaciones de cruceros con líneas rápidas que pueden realizar travesías oceánicas sin problemas.

Por último, en el libro "Principles of yacht design"(a partir de ahora; "PYD") se adjuntan una serie de relaciones que permiten ajustar los parámetros de la embarcación que se quiere diseñar en función de un factor de escala, por lo que se realizarán dos estudios.

6 Estudio estadístico

Para esta primera obtención de valores se generaran, tal y como se había expuesto anteriormente, unas líneas de tendencia, teniendo en cuenta las dimensiones de las embarcaciones de referencia; la relación llevada a cabo entre los valores existentes para generar dichas líneas, se hacen teniendo en cuenta la correcta proporcionalidad que entre ellos existe, en las embarcaciones de referencia que conforman la base de datos. Se calculan también los errores de estas regresiones ya que el diseño del barco será flexible a variaciones de las dimensiones en el rango que el error permita, así

podremos adaptarnos para conseguir un confort mayor y no variar mucho el comportamiento en el mar.

En este caso la elección de la eslora como punto de partida no es casual, sino que tiene gran sentido ya que suele ser uno de los parámetros más significativos en las especificaciones de este tipo de embarcaciones. Una vez obtenido un primer valor de eslora se continuará con el resto de valores utilizando las correspondientes líneas de tendencia.

3.1 Eslora Total, LOA

Viene determinada por las especificaciones del proyecto, y está incluida dentro de la directiva CE de embarcaciones de recreo. Dicha directiva recoge en su reglamentación a todas las embarcaciones comprendidas entre dos metros y medio y veinticuatro metros, independientemente de su medio de propulsión. En base a este parámetro determinaremos el resto de dimensiones

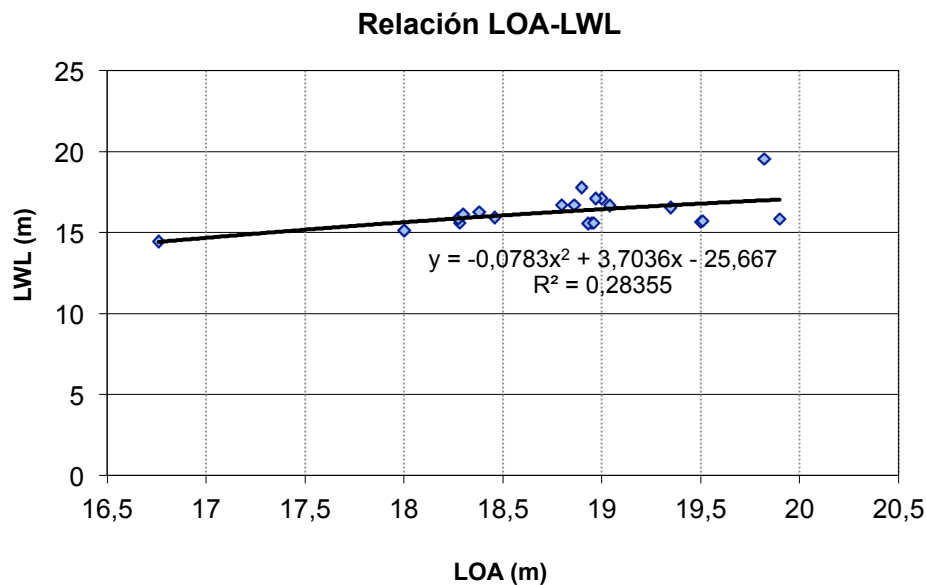
$$LOA = 18 m$$

3.2 Eslora en la flotación, LWL

Relación Eslora total / Eslora en la flotación (LOA/LWL):

Este parámetro marca los lanzamientos de la embarcación. Para embarcaciones ligeras la relación es menor, al intentar mantener una alta velocidad de casco, la cual es limitada por la LWL. Sin embargo, para embarcaciones más pesadas es recomendable dotar de ciertos lanzamientos en proa y popa para reducir el cabeceo y mejorar las condiciones de navegación con mar de proa. Los valores medios se encuentran alrededor de 1,23, fluctuando 0,15 hacia arriba y abajo.

De la base de datos se obtiene la siguiente relación:



Obteniendo la relación:

$$LWL = -0,0783LOA^2 + 3,7036LOA - 25,667$$

De donde se obtiene que:

$$LWL = 15,63m$$

Con un margen de error $R^2 = 0,28$

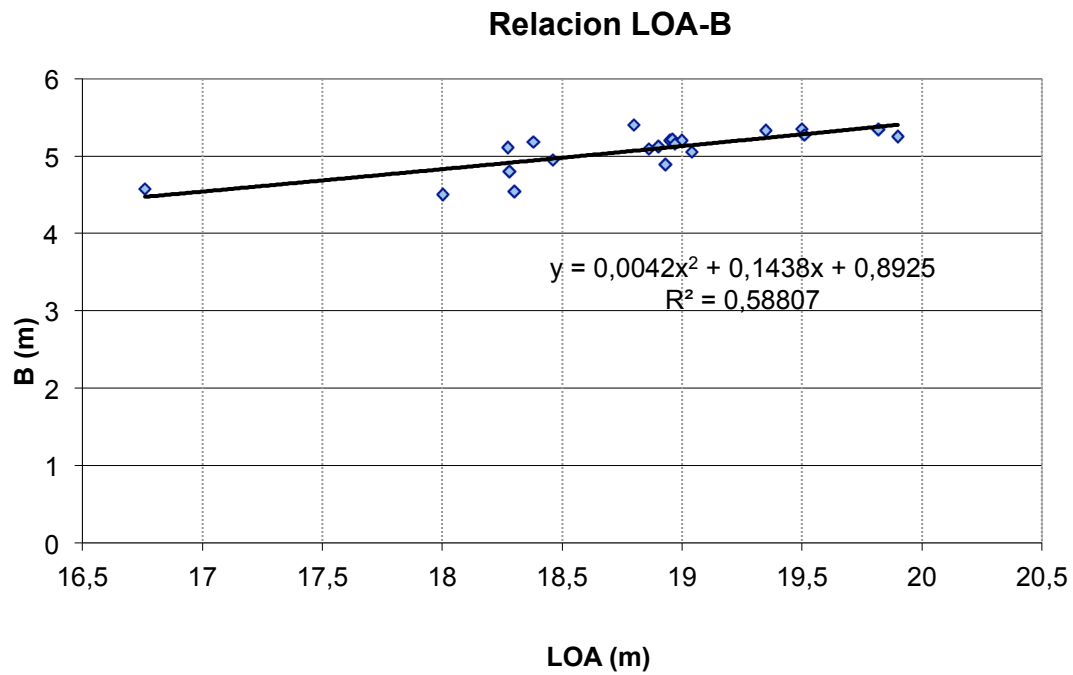
3.3 Manga, B

Relación Eslora total / Manga máxima (LOA/Bmax):

Al comparar la manga máxima de una embarcación frente a su eslora máxima, se ve que al aumentar la eslora, la relación va aumentando, o lo que es lo mismo, la embarcación se vuelve más estilizada. Esto está justificado por la estabilidad, ya que al aumentar la eslora y aumentar por tanto su desplazamiento, la estabilidad de la embarcación aumenta y no requiere tanta estabilidad por formas, reduciéndose en comparación su manga máxima.

Actualmente se tiende a cascos más amplios para obtener un mayor volumen interior y dar más estabilidad al casco. Y más estabilidad por manga tiene como consecuencia que el barco escore menos y que el rendimiento de las velas sea mayor.

Volviendo a la base de datos se obtiene la siguiente relación:



cuya línea de regresión es:

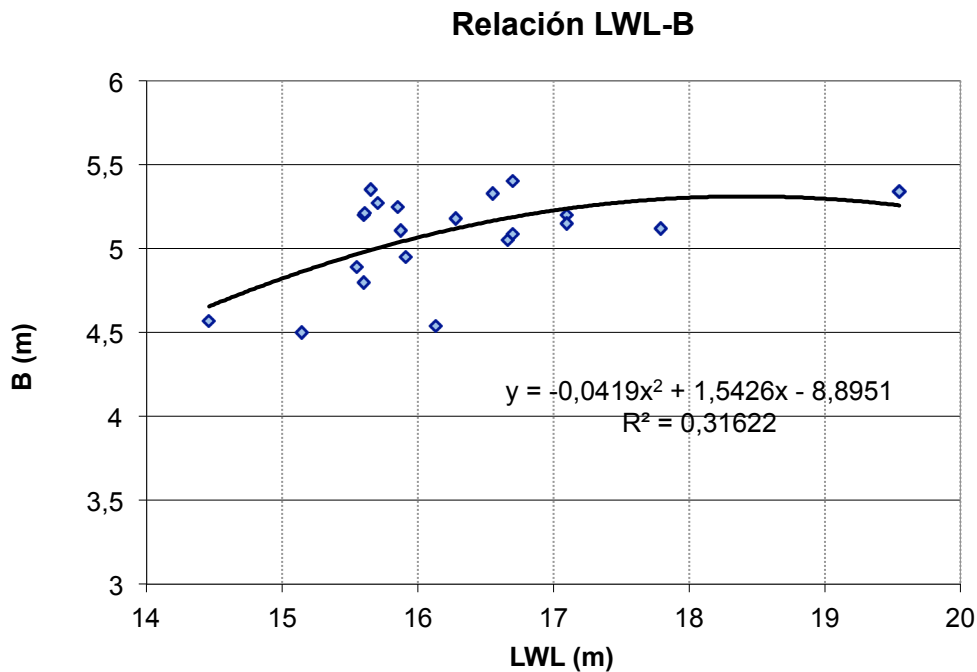
$$B = 0,0042LOA^2 + 0,1438LOA + 0,8925$$

de donde sustituyendo LOA se obtiene:

$$B = 4,84m$$

con un margen de error de $R^2 = 0,59$

A continuación se probará a estudiar la relación LWL-B con los resultados de la base de datos:



cuya línea de regresión es:

$$B = -0,0419LWL^2 + 1,5426LWL - 8,8951$$

con un margen de error de $R^2 = 0,32$, mucho menos fiable que el anterior, pero hay tener en cuenta que los valores que usamos de LWL ya arrastran un error propio de su método de calculo. Por todo ello, nos quedaremos con una manga final de

$$\mathbf{B=4,84\ m}$$

3.3.1 Manga en la flotación, BWL

Debido al secretismo de los datos en este tipo de barcos, tenemos un problema ,para obtener la manga de flotación a raíz de la tabla de datos que ya tenemos, por lo tango usamos dos posibles métodos, una se trata de coger un valor que cumpla las relaciones que obtenemos del libro PYD, en la que Larsson expone las siguientes relaciones:

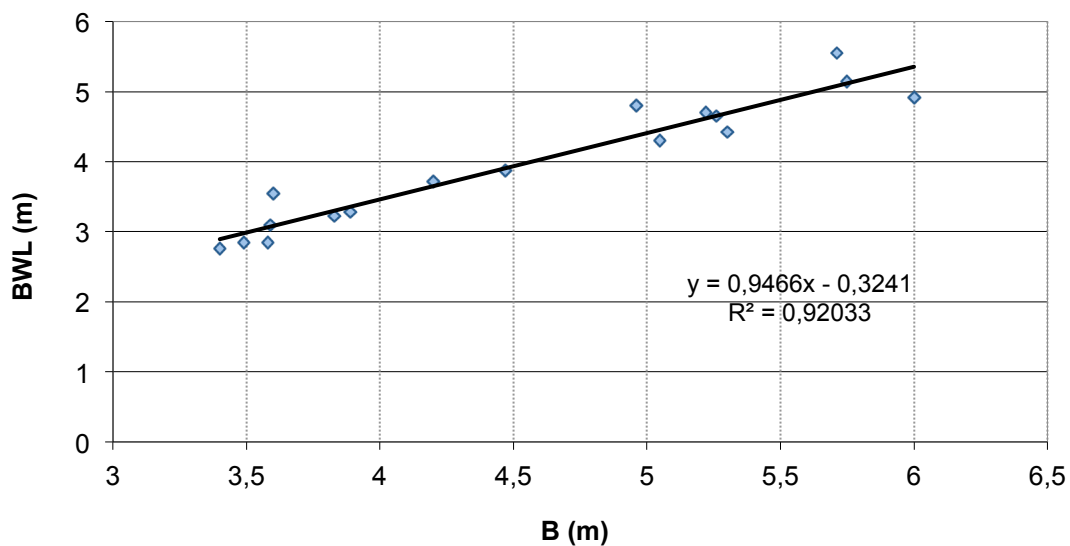
$$Lwl / Bwl \quad 2.76-5.00$$

$$Bwl / D \quad 2.46-19.32$$

Además podemos tantear un valor usando unas tablas que aparecen en la 13th Chesapeake, que aunque son valores antiguos , se discutieron para crear una normativa de estabilidad estándar, obteniendo los siguientes resultados:

Buque	LOA (m)	B (m)	BWL (m)
1,00	10,10	3,40	2,76
2,00	10,50	3,58	2,85
3,00	10,70	3,49	2,85
4,00	11,10	3,59	3,10
5,00	12,00	3,89	3,28
6,00	14,10	4,20	3,72
7,00	14,30	3,83	3,22
8,00	17,40	3,60	3,54
9,00	17,50	4,47	3,87
10,00	17,70	5,05	4,30
11,00	19,70	4,96	4,80
12,00	20,50	5,26	4,65
13,00	21,10	5,22	4,70
14,00	21,70	5,71	5,55
15,00	22,10	5,75	5,14
16,00	22,80	5,30	4,42
17,00	23,10	6,00	4,91

Relacion BWL-B



$$BWL = 0.9466B - 0.3241$$

Entrando con los valores de la manga previamente analizados tendré:

$$B = 4,84m \quad BWL = 0,9466B - 0,3241 = 4,25m$$

Comprobando que cumplen las relaciones propuestas por el PYD:

Lwl / Bwl	2.76-5.00
Lwl / Bwl	4,25
15,63	3,68

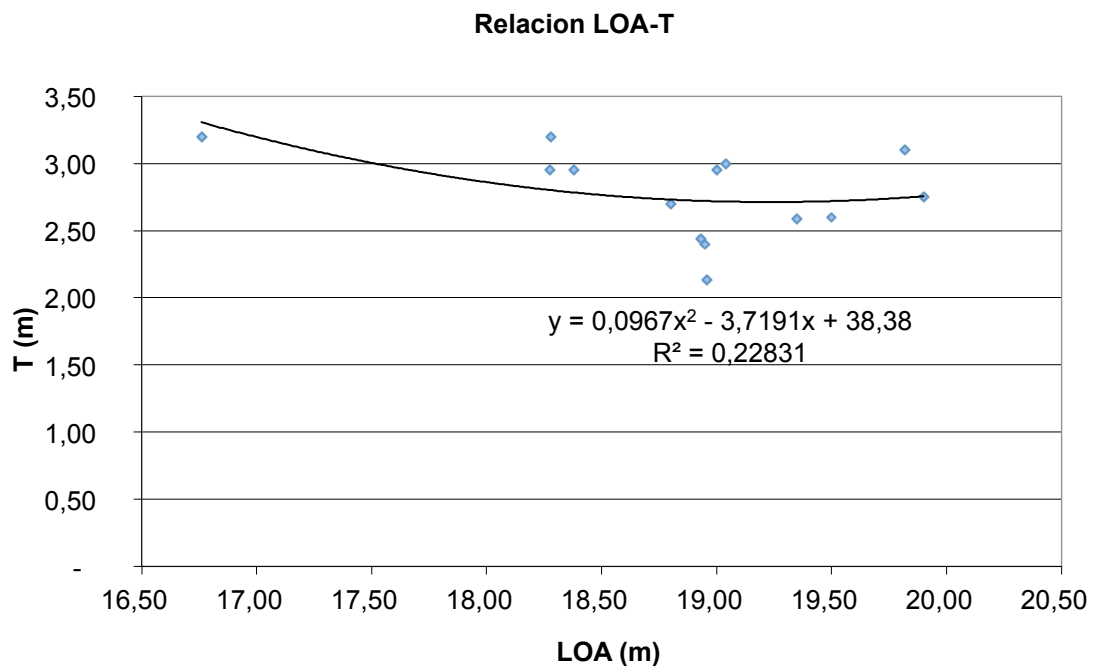
Vemos que pertenece al intervalo deseado, analizaremos posteriormente la preferencia entre un valor u otro de los finales.

3.4 Calado, T

Recurriendo a la base de datos principales se obtiene la siguiente relación:

$$T = 0,0967LOA^2 - 3,7191LOA + 38,485$$

como se observa en la gráfica.

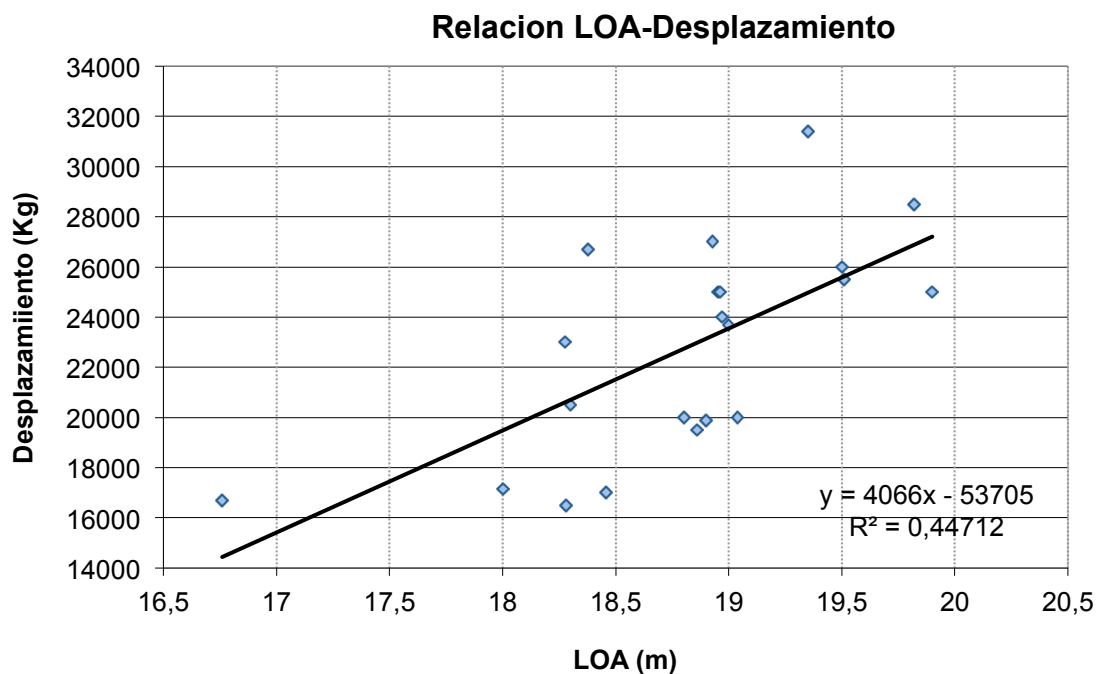


Siendo en este caso:

$$T = 2,77 \text{ m}$$

3.5 Desplazamiento, Δ

Volviendo a nuestra base de datos y estableciendo un máximo de $27T$ como límite para veleros rápidos de menos de 24m (PYD), y haciendo una regresión comparando los valores $LOA-\Delta$ y $LWL-\Delta$, resulta que basados en nuestros barcos modelo nos sale un desplazamiento:

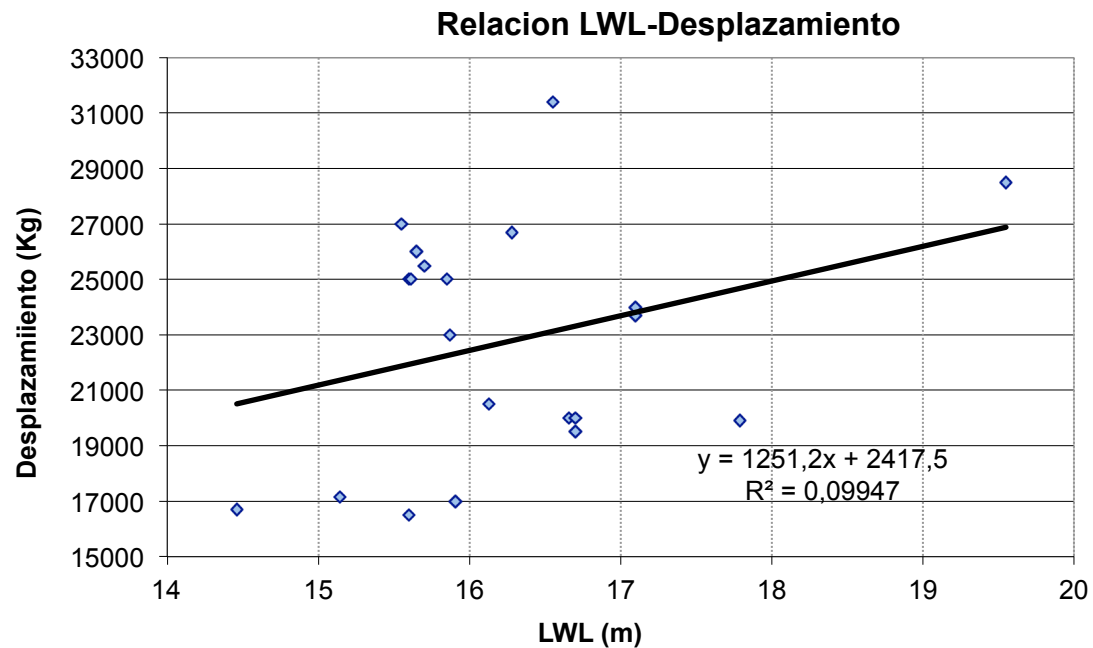


de donde:

$$\Delta = 4066LOA - 53705$$

$$\Delta = 19483kg$$

Haciendo lo mismo pero ahora para $LWL-\Delta$, tendremos:



de donde:

$$\Delta = 1251,2LWL + 2417,5$$

$$\Delta = 21974 \text{ kg}$$

Comparando las R^2 de las dos regresiones entre los valores de LOA- Δ y LWL- Δ , podemos comprobar como una se aproxima al 0.45, un valor aceptable para una fiabilidad media, y otro valor se aproxima al 0.1, un valor de fiabilidad demasiado ínfimo para poder tener en cuenta este valor. Por lo que en vez de hacer un promedio con los dos valores, nos quedaremos con el valor con R^2 superior.

$$\Delta = 19483 \text{ kg}$$

3.6 Peso del Lastre

Este parámetro será importante para el cálculo de la estabilidad, ya que proporcionará el suficiente momento adrizante, junto a la estabilidad propia de la carena, a la hora de equilibrar el efecto escorante de las velas en navegación.

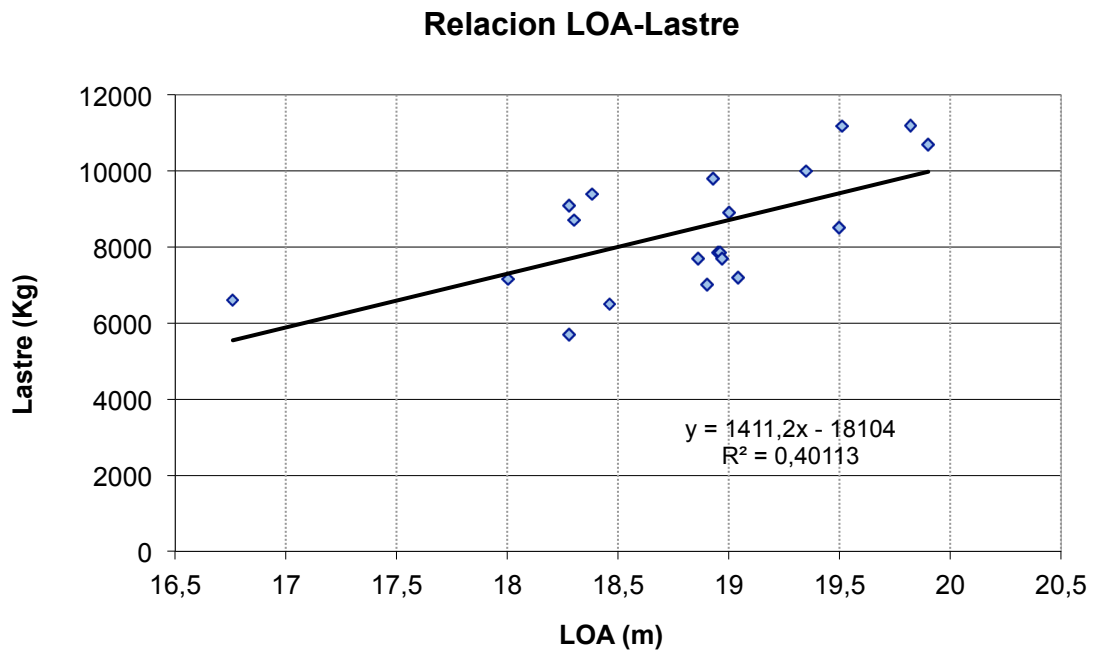
Se va a estudiar de dos formas, una comparándolo con la eslora y la otra observando su relación con el desplazamiento.

De la primera relación obtendremos la siguiente ecuación:

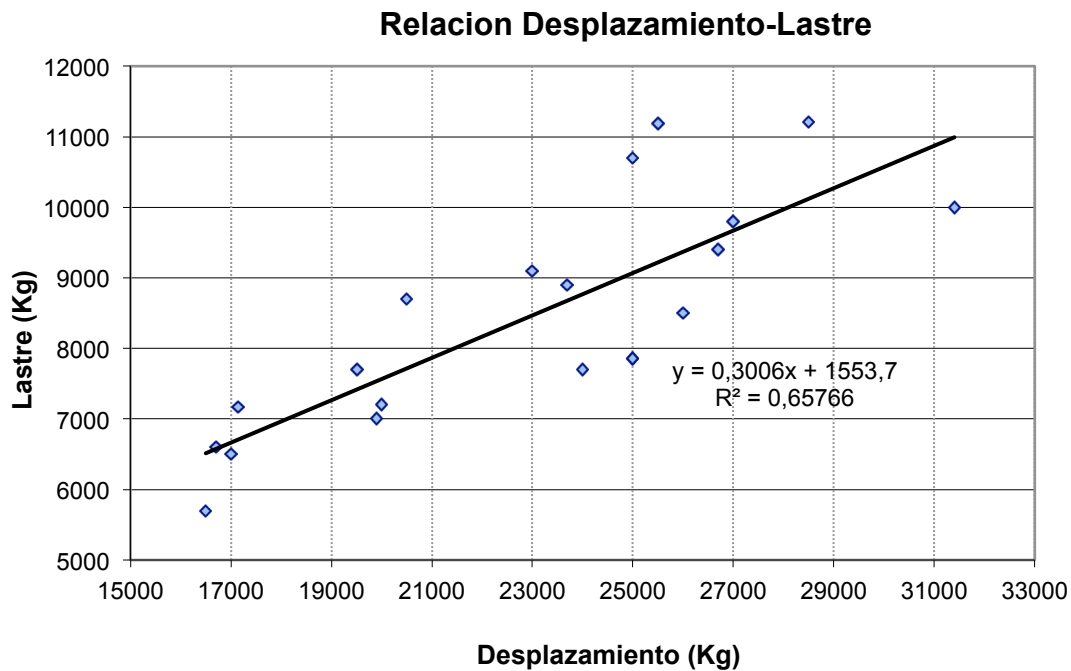
$$Lastre = 1411,2LOA - 18104$$

Quedando para una eslora de 18 m:

$$Lastre = 7298Kg$$



Para la relación Desplazamiento-Lastre tendremos:



De esta relación obtendremos la siguiente ecuación:

$$Lastre = 0,3006\Delta + 1553,7$$

Para el desplazamiento calculado anteriormente, el lastre resultará:

$$Lastre = 7410kg$$

Comparando las R^2 de las dos regresiones como en el apartado anterior podemos comprobar como una se aproxima al 0.40, y otro valor se aproxima al 0.66, las dos se encuentran entre valores de fiabilidad admisibles y de cierta confianza. Por lo que el valor final será promedio entre los dos resultados parciales.

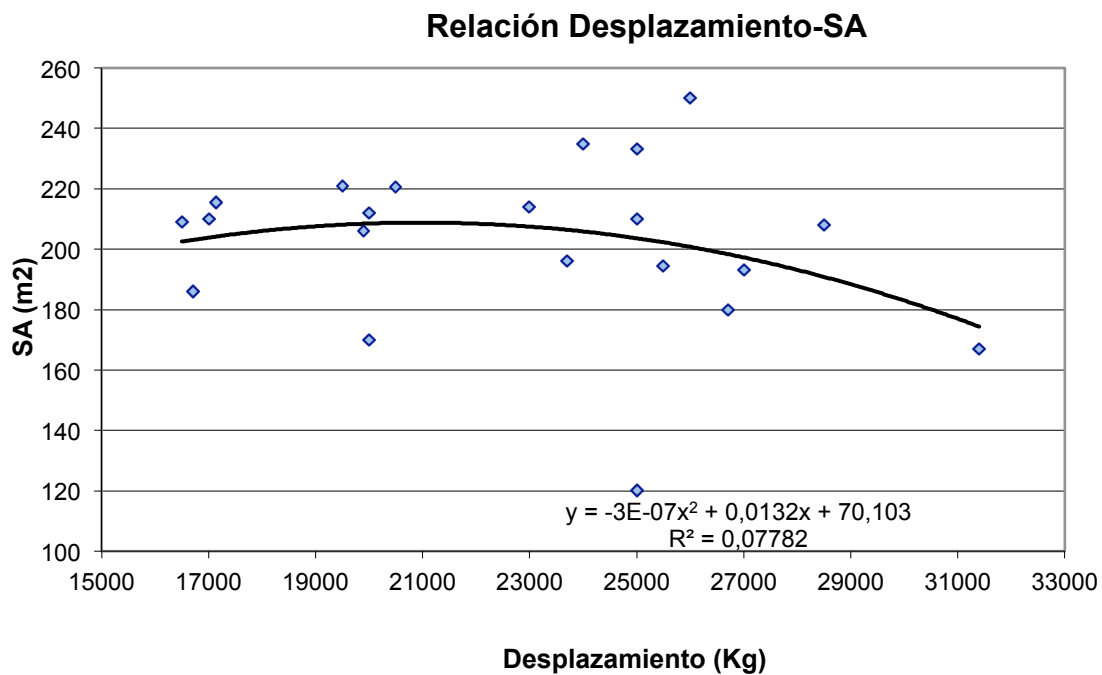
$$Lastre = \frac{7298 + 7410}{2} = 7354kg$$

3.7 Superficie vélica, SA

Podemos recurrir a muchas relaciones para sacar una buena estimación de superficie vélica, empezaremos por hacer una regresión con los valores de la base de datos, relacionando el desplazamiento con la superficie vélica. Se prevé que no salga un

coeficiente de determinación (R^2) muy alto, debido, sobre todo a las distintas características de los aparejos de los barcos elegidos para la base de datos.

Quedando una gráfica de la forma:



E introduciendo el valor de desplazamiento previamente estimado, sacaremos una estimación del tipo:

Δ (Kg)	SA (m²)
19483	213,4

$$SA = 213,4 \text{ m}^2$$

7 Estudio mediante PYD (Larsson&Eliasson)

Este estudio se basará en parámetros que establece el "Principles Of Yacht Design" (L. Larsson & R. E. Eliasson). a la hora del dimensionamiento previo. Para ello se han usando los exponentes que se especifican en la siguiente tabla:

<i>PRIMARY RELATIONS – Independent of basic model</i>	<i>Scale Factor</i>
<i>Assumed:</i>	<i>L</i>
<i>Sail area</i>	<i>L^{1.85}</i>
<i>Beam, depth, freeboard</i>	<i>L^{0.70}</i>
<i>Keel & rudder span, chord, thickness</i>	<i>L^{0.70}</i>
<i>Derived:</i>	
<i>areas – section</i>	<i>L^{1.40}</i>
<i>– wetted – hull</i>	<i>L^{1.70}</i>
<i>– keel & rudder</i>	<i>L^{1.40}</i>
<i>– lateral – hull</i>	<i>L^{1.70}</i>
<i>– keel & rudder</i>	<i>L^{1.40}</i>
<i>volumes – hull</i>	<i>L^{2.40}</i>
<i>– keel</i>	<i>L^{2.10}</i>
<i>ratios – Lwt./$\nabla^{1/3}$ (ex-keel)</i>	<i>L^{0.20}</i>
<i>– SA/$\nabla^{2/3}$ (ex-keel)</i>	<i>L^{0.25}</i>
<i>Second moments of waterplane – lateral</i>	<i>L^{3.10}</i>
<i>– longitudinal</i>	<i>L^{3.70}</i>

Figura 27. Relaciones establecidas por L. Larsson & R. E. Eliasson

Lo que propone Larsson con esta tabla son cambios en las proporciones de los buques a partir de series alométricas de barcos entre 7m y 19m de Eslora estudiadas por H.M Barkla de la Universidad de St Andrews, Escocia.

Como se puede ver, los diferentes parámetros y dimensiones están escalados diferentemente a partir de la Eslora.

La "L" que se presenta en la tabla se refiere a una relación de eslora entre el modelo base y el proyectado. Ejemplo, si quisiéramos incrementar la eslora del barco un 50%, la manga, calado y francobordo se incrementarían en $1,5^{0,7}=1,33$ veces el valor original para mantener el barco dentro de los parámetros que propone el estudio de Barkla.

$$B_{proy} = B_{base} * \left(\frac{L_{proy}}{L_{base}} \right)^{0,70}$$

$$T_{proy} = T_{base} * \left(\frac{L_{proy}}{L_{base}} \right)^{0,70}$$

$$\left(\frac{L_{pp}}{\Delta^{1/3}} \right)_{proy} = \left(\frac{L_{pp}}{\Delta^{1/3}} \right)_{base} * \left(\frac{L_{proy}}{L_{base}} \right)^{0,20}$$

$$SA_{proy} = SA_{base} * \left(\frac{L_{proy}}{L_{base}} \right)^{1,85}$$

A partir de estas formulas deducidas de lo anteriormente expuesto, podremos obtener una tabla con algunos parámetro principales de la embarcación.

Nombre	(Lproy/Lbase)	Bproy	Tproy	Lpp/Δ^(1/3)	SA
Aiken 62	0,95	4,86	2,88	0,61	153,22
Beneteau 62	0,95	5,02	2,32	0,53	190,94
Bordeaux 60	0,98	5,10	2,91	0,54	173,18
Ro 620	0,95	4,95	3,19	0,65	188,22
IY 60	0,98	4,75	3,17	0,61	203,12
Swan 62 FD	0,91	4,99	2,90	0,63	174,05
X-61.2	0,98	5,05	2,92	0,56	208,08
Dynamique 62	0,95	4,72	2,36	0,51	175,83
Gilles Vaton 63	0,96	5,24	2,62	0,61	195,61
Grand Soleil maxi one	0,92	5,06	2,46	0,52	215,59
Swan 60 FD	0,95	4,93	3,48	0,61	202,72
Wally 60	0,98	4,86	3,93	0,62	200,42
swan 601	0,98	4,49	3,62	0,59	213,86
X-55	1,07	4,80	3,36	0,57	212,37
Moody 64	0,93	5,07	2,46	0,52	145,96
Comet 65	0,90	4,89	2,56	0,53	193,52
Baltic 60 ims	1,00	4,50	3,30	0,59	215,56
Baltic 64	0,92	4,98	3,17	0,52	167,61
Beneteau 64	0,95	5,02	2,05	0,53	109,03
Hanse 630E	0,95	5,01	2,84	0,59	177,44
Solaris ONE 60	0,95	4,96	3,18	0,59	213,12
PROMEDIO		4,92	2,94	0,57	187,12

7.1 Eslora Total, LOA

Como ya antes remarcamos, viene definida por las especificaciones de proyecto y será invariable.

$$LOA = 18 \text{ m}$$

7.2 Eslora en la flotación, LWL

Directamente El PYD no establece relación alométrica alguna para el calculo de este parámetro, pero comenta que para barcos rápidos debería rondar el 0,90% de la LOA

Vamos a coger 0,9 exacto para el calculo.

$$LWL = 0,9 * 18 = 16,2 \text{ m}$$

Para este tipo de embarcaciones se propone que teóricamente el cociente LOA / LWL debe estar en el intervalo [1,1 ; 1,3]:

$$\frac{LOA}{LWL} = \frac{18}{15,63} = 1,15 \text{ en el caso del estudio estadístico.}$$

$$\frac{LOA}{LWL} = \frac{18}{16,2} = 1,11 \text{ en el caso del PYD.}$$

La eslora en la flotación es un parámetro muy importante a la hora de calcular la velocidad que será capaz de alcanzar la embarcación en diversas condiciones de mar y viento. Este tipo de embarcaciones no suele sobrepasar un número de Froude, F_n , de 0,45

$$LWL = 16,2 \text{ m}$$

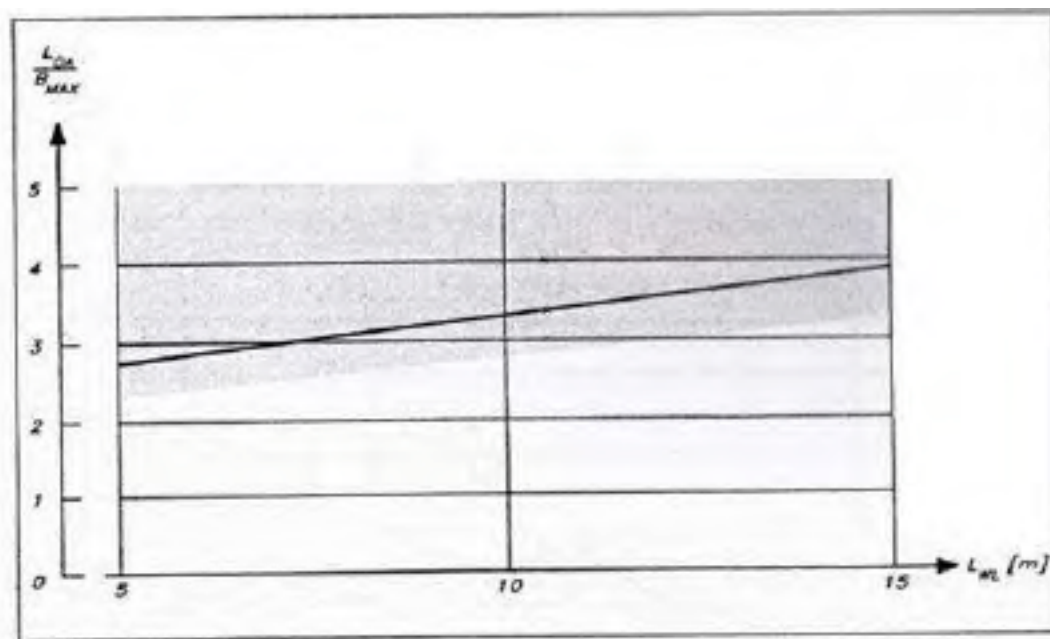
7.3 Manga, B

La manga es un parámetro calculado mediante la ponderación de las mangas transformadas de los barcos de la base de datos por esta formula:

$$B_{proy} = B_{base} * \left(\frac{L_{proy}}{L_{base}} \right)^{0,70}$$

El resultado es una Manga de 4,92 m , que difiere mínimamente en la anteriormente calculada mediante regresiones.

Entre estas medidas se deberá escoger aquellas que proporcionen una mejora en la estabilidad al proyecto de la resistencia al avance cuando se navega con escora y modificar el volumen interior para mejorar el confort.



Relación Eslora máxima/Manga máxima. Principles of Yacht Design.

Figura 28. Curva normal Relación Eslora máxima- manga máxima

$$B = 4,92 \text{ m}$$

7.4 Calado

El calado es un parámetro calculado mediante la ponderación de los calados transformadas de los barcos de la base de datos por esta formula:

$$T_{proy} = T_{base} * \left(\frac{L_{proy}}{L_{base}} \right)^{2/3}$$

El resultado del Calado es 2.90, pero debemos tener en cuenta que la algunos de los barcos que hemos tomado de referencia en la base de datos son de crucero y poseen las versiones de quilla corta.

$$T = 2,90 \text{ m}$$

7.5 Desplazamiento

En la tabla que encontramos no tenemos directamente el Desplazamiento, pero con unos pequeños cálculos podremos sacarlo.

Así que recurriendo a otro parámetro muy útil que es la relación $Lwl / \nabla^{1/3}$ que nos da una idea de lo ligero o pesado que es el buque, despejaremos el desplazamiento.

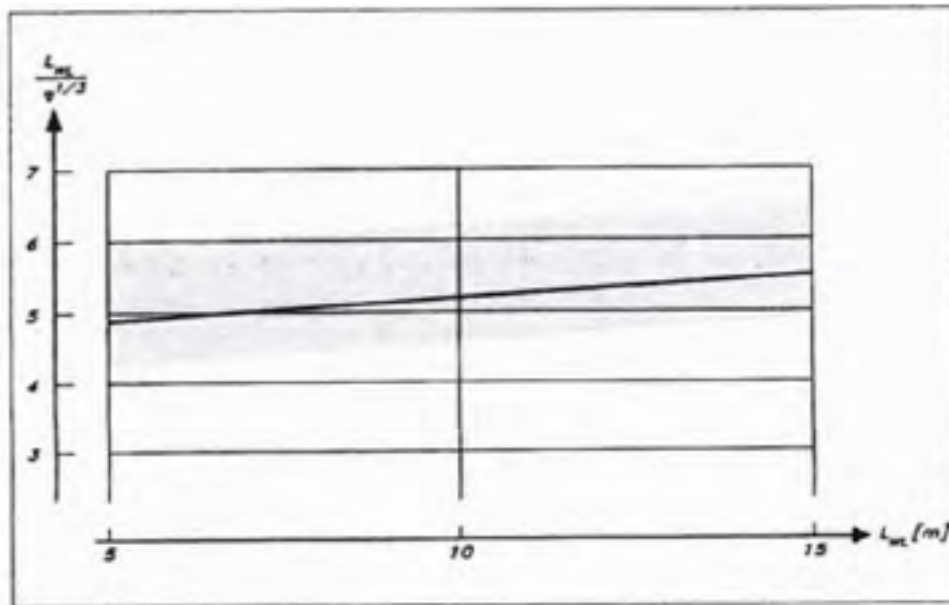
La relación $Lwl / \nabla^{1/3}$ transformada para nuestro barco resulta con un valor de 0,57.

$$\frac{Lwl}{\Delta^{1/3}} = 0,57 \rightarrow \Delta = \left(\frac{Lwl}{0,57} \right)^3 = 22957,3 \text{ kg}$$

$$\Delta = 22957 \text{ kg}$$

Como recomendación se establece un factor de corrección al desplazamiento para barcos de formas estilizadas para competición del 15%, ya que los valores del PYD están desfasados en este parámetro debido a la antigüedad del libro y de las características en desplazamiento de los barcos de la época

$$\Delta = 22957 * 0,85 = 19515 \text{ kg}$$



Relación Eslora de flotación/ Desplazamiento ($L_{wl}/V^{1/3}$). Principles of Yacht Design.

Figura 29. Curva normal Relación Eslora flotación- desplazamiento

7.6 Superficie vélica, SA

Para este parámetro vamos a hacer hincapié en un detalle comentado anteriormente. Debido a la diversidad de barcos elegidos para la base de datos, sus diferencias entre aparejos y sobre todo en configuración del velamen, la superficie vélica será muy variable dependiendo de la fórmula de cálculo.

Es un parámetro importante a la hora de hacer un dimensionamiento previo de un velero, pero trataremos de elegir un área que nos sirva para alcanzar las velocidades normales para un barco de estas dimensiones.

El cálculo apoyándonos en el PYD nos resulta:

$$SA = 187,12 \text{ m}^2$$

8 Elección de la alternativa más adecuada.

Partiremos de las alternativas que nos ofrecen los datos calculados, siendo:

Alternativa	LOA (m)	Lwl (m)	Manga B (m)	Manga Bwl (m)	Calado T (m)	Δ (Kg)	Lastre (Kg)	SA (m ²)
Opción Estadística	18	15,63	4,84	4,25	2,77	19483	7354	213,4
Opción PYD	18	16,2	4,92	-	2,90	19515	-	187,12
PROMEDIO	18	15,92	4,9	4,25	2,83	19500	7354	201,3

Siendo estas dos opciones muy similares , me quedare con la Alternativa intermedia por la idea de proporcionalidad con otros barcos similares.

En el caso de Bwl y lastre, el PYD no nos marca una opción de cálculo por lo que directamente nos quedamos con los datos obtenidos mediante las regresiones.

No todo ha sido una decisión final a partir de realización de medias aritméticas de los valores obtenidos, ya que creo que tal como he justificado la elección de cada parámetro me dará ciertas ventajas en el diseño de mi barco, dentro de los limites superiores e inferiores que me marcaba el estudio estadístico.

Por tanto las dimensiones provisionales de mi barco serán:

Alternativa	LOA (m)	Lwl (m)	Manga B (m)	Manga Bwl (m)	Calado T (m)	Δ (Kg)	Lastre (Kg)	SA (m ²)
Opción Final	18	15,92	4,9	4,25	2,83	19500	7354	202

Para cálculo próximos necesitaremos el calado del casco (T_c), para ello tenemos que suponer una altura de orza minima. Nos basaremos en la altura de la orza del SWAN 601,barco que mas se aproxima al nuestro, que es de 2,144 m. Por lo que nuestro calado del casco

$$T_c = 0,686$$

8.1 Coeficientes óptimos

Numero de Froude: Viene dado por la velocidad de diseño y la eslora de flotación, y nos facilitar. la obtención directa de datos de diseño a partir de unas graficas en apartados posteriores.

La velocidad de la embarcación es importante, puesto que va a determinar el momento

en el que el aumento de la velocidad será viable, es decir, una embarcación navegando genera un tren de olas, el cual desarrolla una resistencia, cuando la longitud de ola es igual a la eslora de flotación de nuestro velero esta resistencia aumenta exponencialmente con la velocidad.

Esta situación se da para un número de Froude igual a 0,45.

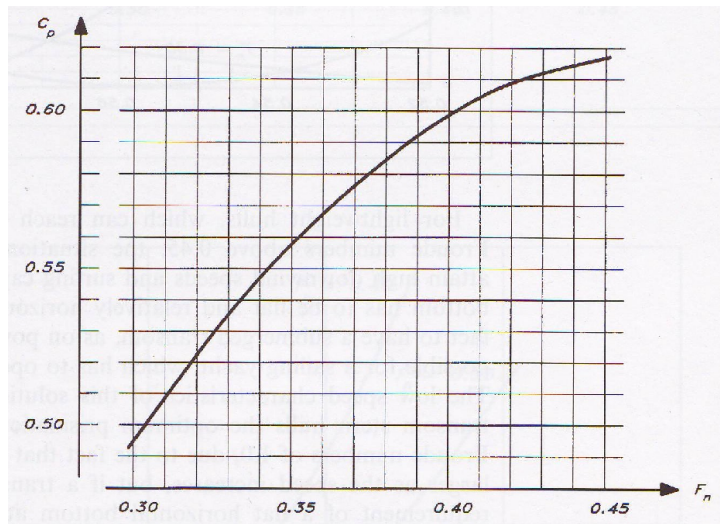


Figura 30. Tabla cálculo C_p a partir de F_n

La eslora en la flotación es un parámetro muy importante a la hora de calcular la velocidad que será capaz de alcanzar la embarcación en diversas condiciones de mar y viento. Este tipo de embarcaciones no suele sobrepasar un número de Froude, F_n , de 0,45 (como podemos apreciar en la gráfica anterior) que significa una velocidad de:

$$F_n = \frac{v}{\sqrt{g \cdot Lwl}} \Rightarrow v = F_n \sqrt{g \cdot Lwl} = 0,45 * \sqrt{9,81 * 15,92} = 5,62 \text{ m/s} = 10,93 \text{ nudos}$$

Las condiciones de proyecto me piden que en la navegación a motor, al 90% MCR, la velocidad debe ser de 10 nudos, lo que nos lleva a un número de Froude, tal que en el primer caso:

$$F_n = \frac{v}{\sqrt{g \cdot Lwl}} = \frac{5,14}{\sqrt{9,81 * 15,92}} = 0,411$$

En función a la velocidad con la que se desplace una embarcación, hay tres tipos de

regímenes de navegación, los cuales son:

- _ Régimen de desplazamiento $F_n < 0,35$
- _ Régimen de semidesplazamiento $0,35 < F_n < 0,45$
- _ Régimen de planeo $F_n > 0,45$

Coeficiente prismático: El coeficiente prismático nos expresa el reparto de volúmenes de la carena y tiene una influencia notoria en la resistencia. El no estar optimizado puede producir incrementos de la resistencia residual. Para cada número de Froude, existe un coeficiente prismático óptimo. A velocidades bajas, un volumen de carena centrado, esto es, coeficientes prismáticos bajos, producen una menor resistencia, mientras que a medida que la velocidad aumenta, se requieren extremos voluminosos o lo que es lo mismo, coeficientes prismáticos altos.

En la siguiente grafica podemos obtener el coeficiente prismático óptimo para un valor del número de Froude.

Con este dato del F_n entramos en el gráfico anterior para sacar el C_p



Figura 31. Calculo Coeficiente prismático con tabla del "PYD"

Para este parámetro, comprobaremos, que las estimaciones encontradas dan un valor de C_p dentro de un rango aceptable.

$$C_p = 0,605$$

En nuestro caso el coeficiente prismático será del orden de $C_p = 0,6$ con un consecuente incremento en la resistencia, como podemos observar en la grafica, del 0,01 % de la resistencia residual.

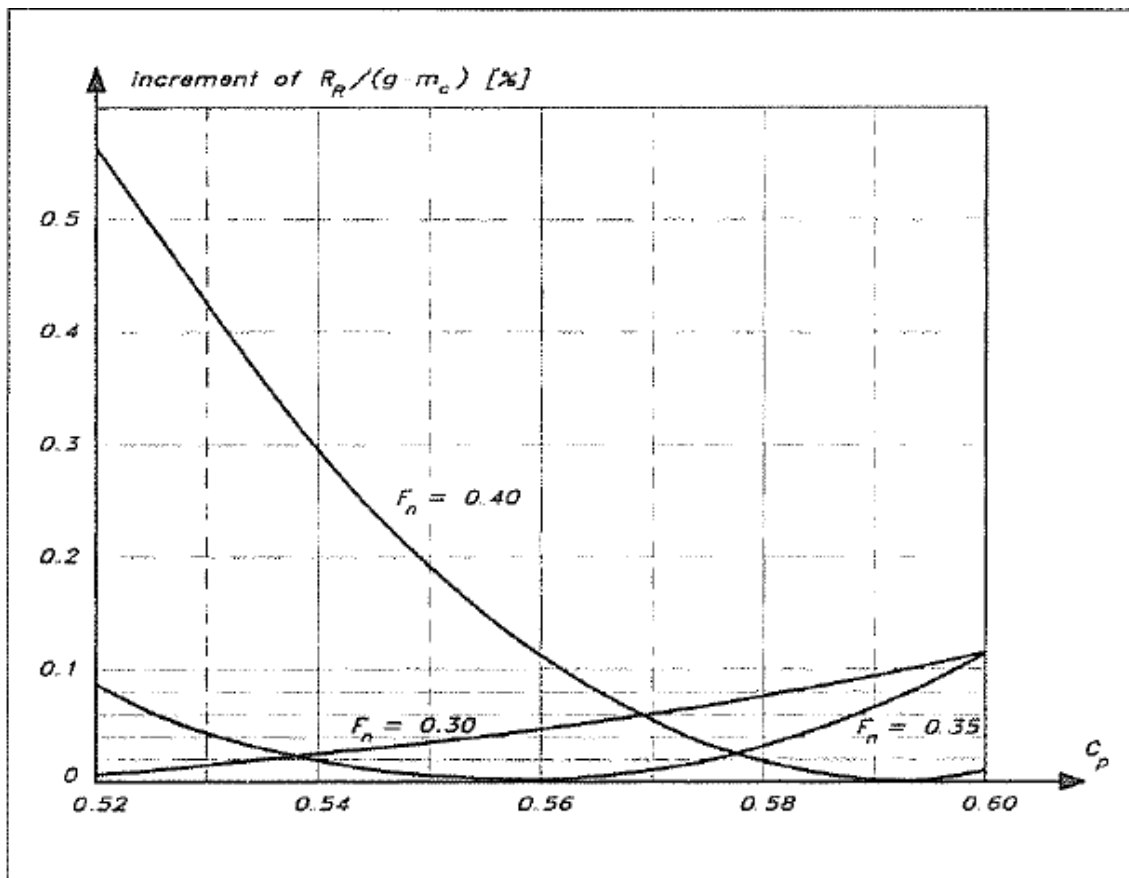


Figura 32. Incremento de resistencia residual debido un coeficiente prismático no optima para distintos F_n . Principles of Yacht Design.

Posición longitudinal del centro de carena: En la siguiente grafica se puede obtener la posición óptima del centro de carena (LBC), entrando en ella a partir del número de Froude obtenido con anterioridad. Obviamente, la variación es muy pequeña en el rango de velocidad. Hay que tener en cuenta que el signo negativo significa a popa de la maestra, y que los números representan la distancia desde la sección en porcentajes de la eslora de flotación.

Para un valor de $F_n = 0,41$ tenemos un equivalente de LCB de 3,5 % a popa de la maestra.

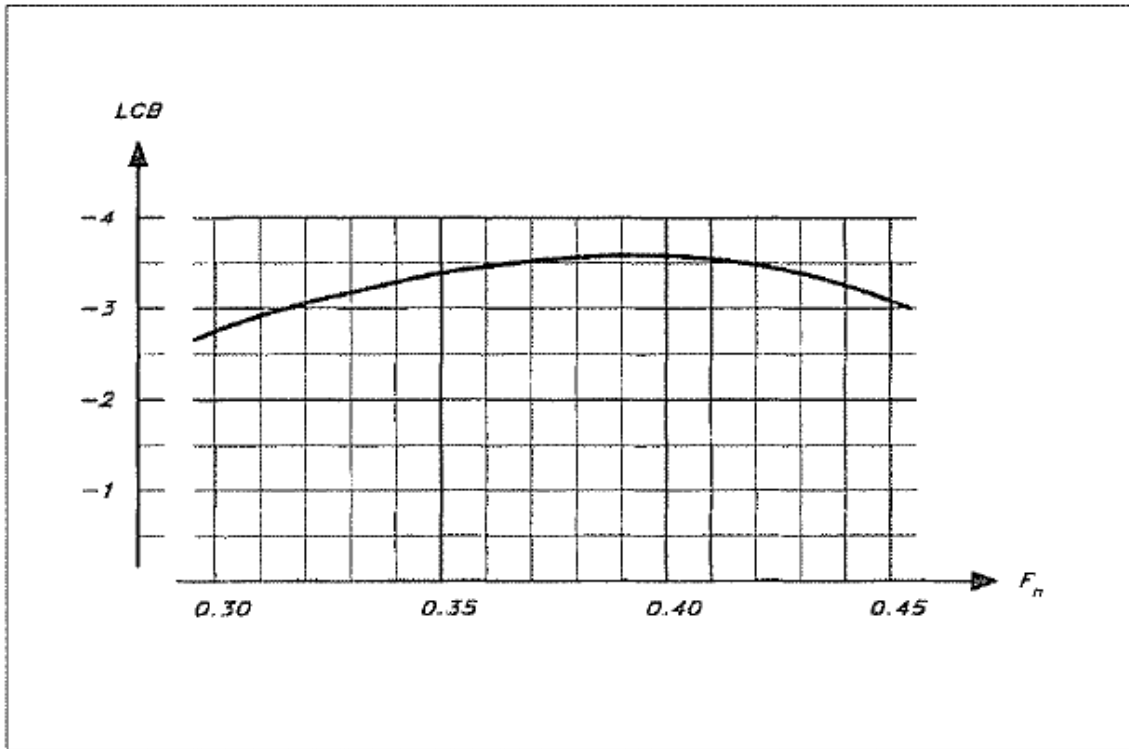


Figura 33. LBC-Froude.

Una localización no óptima del centro de carena (LCB), influye negativamente en la embarcación, creando una resistencia residual como podemos observar en la siguiente gráfica.

En nuestro caso no tendremos incremento en la resistencia por una acertada localización

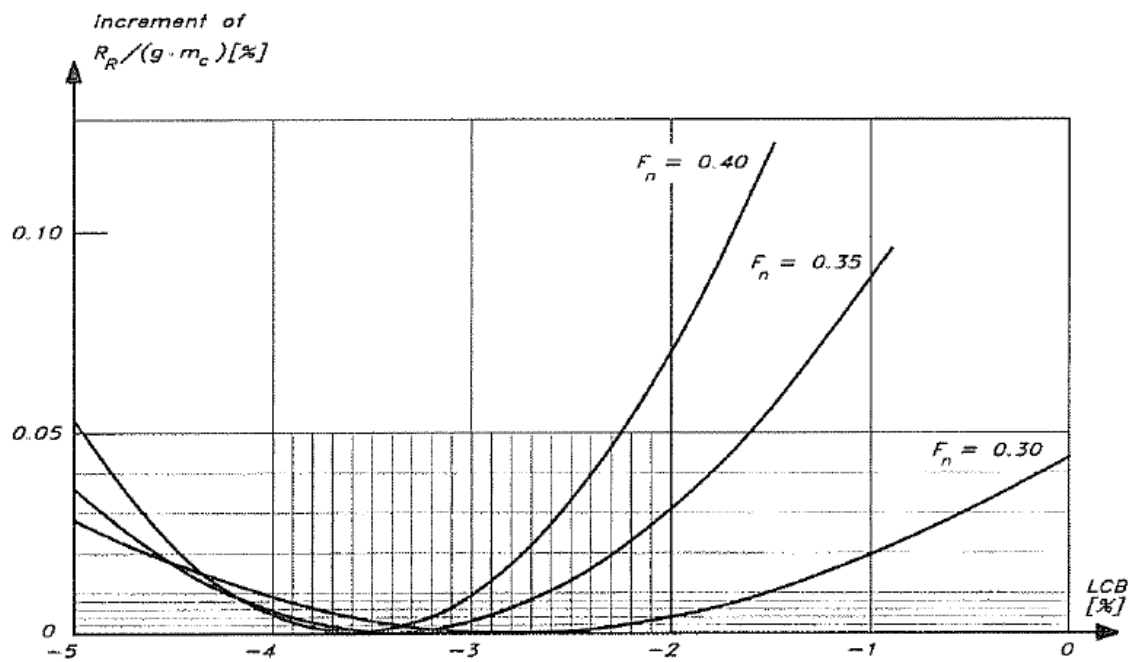


Figura 34. Incremento de resistencia residual debido a una localización no óptima del LCB para distintos F_n . Principles of Yacht Design.

Coeficiente de bloque

Aprovechando cálculos anteriores procederemos a obtener el coeficiente de bloque:

$$Cb = \frac{\Delta}{Lwl * Bwl * Tc * 1,025} = \frac{19,500}{15,92 * 4,25 * 0,686 * 1,025} = 0,41$$

Coeficiente de la maestra

El coeficiente de la maestra C_m atiende a la expresión:

$$C_m = VOLc / (LWL * BWL * Tc * Cp)$$

Donde $VOLc$ es el volumen de carena y C_p el coeficiente prismático.

Por tanto el valor de C_m :

$$C_m = \nabla / (Lwl * Bwl * Tc * Cp)$$

y también

$$Cm = \frac{Cb}{Cp} = \frac{0,41}{0,60} = 0,68$$

Analizándose posteriormente, la mejor alternativa para este valor, siempre que pertenezca al intervalo lógico

9 Comprobación

Por último, comprobaremos que nuestras dimensiones finales se encuentran entre los rangos mínimo y máximo que establecen las relaciones adimensionales de los buques de la base de datos.

Las relaciones adimensionales de dichos buques se presentan en la siguiente tabla:

<i>Relaciones adimen.</i>	LOA/LWL	LOA/B	LWL/B	LOA/Δ	LOA/lastre	Δ/lastre
Aiken 62	1,143	3,770	3,299	0,00095	0,00264	2,778
Beneteau 62	1,215	3,644	3,000	0,00076	0,00241	3,183
Bordeaux 60	1,129	3,548	3,143	0,00069	0,00196	2,840
Ro 620	1,062	3,691	3,475	0,00095	0,00270	2,843
IY 60	1,172	3,808	3,250	0,00111	0,00321	2,895
Swan 62 FD	1,014	3,712	3,661	0,00070	0,00177	2,545
X-61.2	1,152	3,578	3,107	0,00079	0,00201	2,527
Dynamique 62	1,217	3,871	3,180	0,00070	0,00193	2,755
Gilles Vaton 63	1,126	3,481	3,093	0,00094		
Grand Soleil maxi one	1,246	3,645	2,925	0,00075	0,00229	3,059
Swan 60 FD	1,129	3,705	3,281	0,00097	0,00245	2,532
Wally 60	1,160	3,729	3,214	0,00109	0,00284	2,615
swan 601	1,135	4,031	3,553	0,00089	0,00210	2,356
X-55	1,159	3,667	3,164	0,00100	0,00254	2,530
Moody 64	1,169	3,630	3,105	0,00062	0,00194	3,140
Comet 65	1,256	3,790	3,019	0,00080	0,00186	2,336
Baltic 60 ims	1,189	4,000	3,365	0,00105	0,00251	2,394
Baltic 64	1,243	3,702	2,979	0,00077	0,00174	2,280
Beneteau 64	1,215	3,639	2,996	0,00076	0,00241	3,183
Hanse 630E	1,111	3,654	3,288	0,00080	0,00213	2,663
Solaris ONE 60	1,109	3,683	3,320	0,00079	0,00246	3,117

Solo nos quedará detectar los valores máximo y mínimo de cada relación, y compararlos con los de nuestras dimensiones finales.

	LOA/LWL	LOA/B	LWL/B	LOA/Δ	LOA/lastre	Δ/lastre
MINIMA	1,014	3,481	2,925	0,00062	0,00175	2,280

Proyecto	1,131	3,673	3,249	0,00085	0,00245	2,886
MÁXIMA	1,256	4,031	3,661	0,00111	0,00321	3,183
valido	OK	OK	OK	OK	OK	OK

Nos encontramos que las relaciones de nuestras dimensiones finales se encuentran en el rango admisible de la base de datos, una muestra más de la validez de los mismos.

10 Bibliografía

- "Cómo evaluar un yate", Joachim F. Muhs.
- "Elements of Yacht Design", Norman L. Skene.
- "Navegación con mal tiempo", Adlard Coles y Peter Bruce.
- "Principles of Naval Architect", SNAME.
- "Principles of Yacht Design", Lars Larsson y Rolf E Eliasson.
- "Proyectos de embarcaciones deportivas a vela" (4 tomos), Joaquin Coello y
- "Notas básicas sobre proyectos de yates a vela" Pedro Morales. Manolo Ruiz de Elvira,
- "Teoria e Progetto delle Imbarcazione a Vela", Sergio Crepaz.
- "Sail Performance. Theory and Practice", C.A. Marchaj.

ANEXO I

La información relativa a los buques de referencia ha sido recopilada de las webs de los constructores, según modelo y marca; se tendrá en cuenta que los modelos que utilizamos de base puede que no se ajusten a los que actualmente ofrezcan las marcas constructoras, o en ciertos casos haya pequeñas variaciones en las dimensiones o el nombre del modelo, siendo debido a que la fecha en la que se han tomado como embarcaciones de referencia dista bastante de la actual de presentación y en parte elaboración del proyecto, sin embargo no tiene porque influir en gran medida al desarrollo de proyecto que nos ocupa. Se muestran a continuación los enlaces, que en algún caso requiere de la elección del modelo sobre la flota existente de cada constructor.

ASTILLERO	MODELO	DISEÑADOR	ENLACE
King Marine	Aiken 62	Soto Acebal	www.kingmarine.es
Beneteau	Beneteau 62	Bruce Farr	www.beneteau.com
CNB yacht builder	Bordeaux 60	Philippe Briand	www.cnb-yachts.com
Ronautica	Ro 620	Barracuda yacht design	www.ronautica.com/
Brent Gray Projects	IY 60	Simonis Voogd	
Nautor's swan	Swan 62 FD	German Frers	www.nautorswan.com
X-yacht	X-61.2	Niels Jeppesen	www.x-yachts.dk
Dufour Yachts (FRA)	Dynamique 62	Philippe Briand	www.dufour-yachts.com
Trehard	Gilles Vaton 63		
Grand Soleil (Cantiere del Pardo)	Grand Soleil maxi one	Bruce Farr	www.grandsoleil.net
Nautor's swan	Swan 60 FD	German Frers	www.nautorswan.com
Wally yacht	Wally 60	Bruce Farr	www.wally.com
Nautor's swan	swan 601	German Frers	www.nautorswan.com
X-yacht	X-55	Niels Jeppesen	www.x-yachts.dk
Moody yachts	Moody 64	Bill Dixon	www.moodyboats.com/
COMAR	Comet 65	Bruce Farr	www.comaryachts.it/
Baltic yachts	Baltic 60 ims	Sparkman & Stephens	www.balticyachts.fi
Baltic yachts	Baltic 64	Sparkman & Stephens	www.balticyachts.fi
Beneteau	Beneteau 64	Bruce Farr	www.beneteau.com
Hanse yacht	Hanse 630E	Judel/Vrolijk & Co.	www.hanseyachts.com
Solaris yacht	Solaris ONE 60	William H. Tripp, III	www.solarisyachts.com

ANEXO II

En el siguiente anexo se mostrarán los folletos de los barcos que conforman la base de datos estudiada con anterioridad.

Aiken 62



Características

Constructor: Aiken 62

Dimensiones

Eslora total: 18.90 m

Length Overall: 19.04

Length at Waterline: 16.66

Beam: 5.05

Max Draft: 3

Ballast: 7.2 t

Displacement: 20 t

Motorización

Motor 1:

Marca del motor: YANMAR 4JH3-DTE

Modelo del motor: 4 Cylinders

Tipo de motor/combustible: Diesel

Total Power: 125 hp / 3650 rpm

Sails Measurements

I 19,600 m

J 5,725 m

P 18,900 m

E 6,280 m

BAS 1,750 m

Beneteau 62



Ver más fotos de Embarcación Beneteau 62 en venta (2)

10€ DE REGALO
EN TU PRIMER
HOFMANN

LO QUIERO

Barco: Beneteau 62

Vela monocasco – Beneteau ()

Astillero validado

Eslora total:	18,95 m
Manga:	5,20 m
Calado:	2,13 m
Desplazamiento:	25000 Kg
Lastre:	21000 Kg
Sup. vélica:	--
Motor:	136 CV

Contactar con un distribuidor

[Ver distribuidores de Beneteau](#)

Características Técnicas Beneteau 62 en venta

Eslora total:	18,95 m	Capacidad pers.:	--
Eslora casco:	18,60 m	Cabinas:	4
Eslora flotación:	15,60 m	Literas:	--
Manga:	5,20 m	Aseos:	1
Calado estándar:	2,13 m	Motor:	136 CV
Calado opcional:	--	Combustible:	Gasoil
Puntal:	--	Dep. combustible:	--
Desplazamiento:	25000 Kg	Tipo de transmisión:	--
Lastre:	21000 Kg	Velocidad crucero:	--
Dep. agua:	--		

Datos plano vélico

Sup. mayor:	90.00 m ²	P long. palo:	--
		Sup. génova:	120.00 m ²
E long. botavara:	--	Sup. total:	--
I long. proa:	--	Sup. spinnaker:	--
J long. stay:	--	Sup. gennaker:	--

BORDEAUX 60



Hull Type:	Fin w/bulb & spade rudder		Rig Type:	Cutter	
LOA:	60.30' / 18.38m		LWL:	53.41' / 16.28m	
Beam:	16.99' / 5.18m		Listed SA:	1685 ft² / 156.54 m²	
Draft (max.):	9.68' / 2.95m		Draft (min.):		
Disp.	58863 lbs./ 26700 kgs.		Ballast:		
SA/Disp.:	17.90	Bal./Disp.:		Disp./Len.:	172.48
Designer:	Philippe Briand/Hugon Couëdel				
Builder:	CNB (FRA)				
Construct.:	FG		Bal. type:		
First Built:	2007	Last Built:		# Built:	
TANKS					
Water:	264 gals. / 999 ltrs.		Fuel:	264 gals. / 999 ltrs.	
RIG DIMENSIONS KEY					
I:	78.41' / 23.90m		J:	21.75' / 6.63m	
P:	75.95' / 23.15m		E:	21.92' / 6.68m	
SA(Fore.):	852.71 ft² / 79.22 m²		SA(Main):	832.41 ft² / 77.33 m²	
Total(calc.)SA:	1,685.12 ft² / 156.55 m²		DL ratio:	172.48	
SA/Disp:	17.90	Est. Forestay Len.:	81.37' / 24.80m		
BUILDERS (past & present)					
More about & boats built by:			CNB (FRA)		
DESIGNER					
More about & boats designed by:			Philippe Briand		
NOTES					
Shallow draft version: 2.45m. Roller furling mainsail opt.: E=7.18m					



Ver más [fotos de RO 620 en venta](#) (14)

Oferta RO 620

Veleros, Ronautica Astilleros Division Galicia

Consultar

Motor:	120
Eslora:	18.90 m
Desplazamiento:	19900 Kg
Impuestos:	Impuestos no incluidos.

Descripción de la Oferta de Veleros:

Ronautica Yachts presenta el nuevo RO 620 Custom line. Construido enteramente en fibra de carbono: casco y mástil. Su eslora es de 18,90 mts; manga 5,12 mts y desplazamiento de 19,9 Tm. Se trata de una embarcación construida para realizar regatas de alto nivel, que conjuga una cubierta en teca totalmente equipada para regatas, con unos interiores confortables y de lujo, con 5 camarotes y tres baños, además de todos los equipamientos necesarios para hacer agradable la vida a bordo: generador, aire acondicionado, planta potabilizadora de agua.... Una embarcación construida en España que nada tiene que envidiar de las mejores embarcaciones del Mundo en su eslora.

**Ronautica Astilleros
Division Galicia**



Baiona
(Pontevedra)
España

Contactar

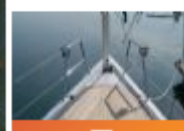
[Contactar con el astillero](#)

Características Técnicas del Veleros en oferta

Eslora total:	18.90 m	Eslora flotación:	17.7 m
Manga:	5.1 m	Calado:	3.3 m
Lastre:	700 Kg	Desplazamiento:	19900 Kg
Capacidad de agua:	650 L	Capacidad de combustible:	600 L

IY60

Photo's: 15



SPECIFICATIONS

GENERAL

ACCOMMODATION

MACHINERY

NAVIGATION

EQUIPMENT

RIGGING

IY60

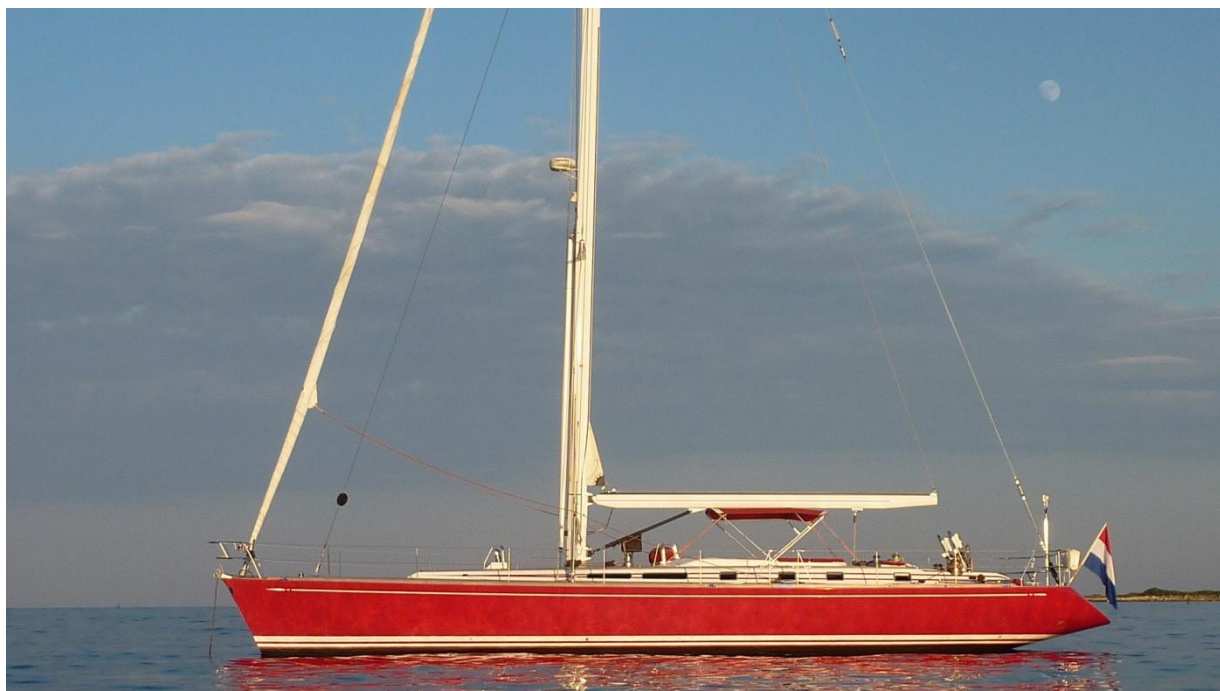
Dimensions	: 18,28x4,80x3,20 (m)
Material	: Composite
Built	: 2004
Engine(s)	: 1 x Yanmar 4 cylinder turb Diesel
HP/Kw	: 160 (Hp), 117,6 (Kw)
Lying	: contact Palma
Sales office	: De Valk Palma
Status	: Sold
Vat	: Not Paid

This is the first IY 60 built by Indigo Yachting, South Africa to a design of Simonis-Voogd BV, launched in May 2004. The second hull is under construction. The design is a light displacement, moderate beam hull form combined with high aspect ratio carbon rudder and inverted "T" profile keel.

There is also the possibility of a shallow draft version.

CIGNO ROSSO

Swan 62-028 FD



Asking Price: 1 600 000 EUR Tax paid

Delivery date	2003	LOA	19.82 m
Designer	German Frers	LWL	19.55 m
Lying	South of France	Beam	5.34 m
Flag	Dutch	Draft	3.10 m
Displacement	32 500 Kg	Engine	YANMAR 4L HAHTP HP110
Ballast	11 200 Kg	Water	1140 L
		Fuel	600 L

This stunning Swan 62 FD is an ideal cruiser. She was launched in 2003 and since then maintained in impeccable condition. Fully air conditioned she can accommodate 6 guests in 3 cabins. One large master room and 2 additional cabins one with double bed and the other with lower and upper berth. All cabins have private en suite facilities.

HULL

The hull is of single skin construction glass/aramid fibres reinforced polyester laminate. A high proportion of the fibres are unidirectional, giving a stiff laminate with excellent strength and fatigue properties. Structural bulkhead is of marine plywood laminated to hull and deck with foam strips between. Stiffener flanges are unidirectional layups over hollow formers. Engine beds are of GRP.

spec. 62-028 FD

1

X-YACHTS 612

Photo's: 5



SPECIFICATIONS	▶	GRP cruiser/racer built in 1995 by X-Yachts shipyards in Denmark to a design of Niels Jeppesen. Dim.: 18.30 (16.25) x 5.10 x 2.90 m.
GENERAL	▶	Displacement: 21.5 t. Ballast: 9.1 t (lead encapsulated). Teak deck.
ACCOMMODATION	▶	Accommodation for 9 in 3 cabins + saloon. 2x 55 hp Volvo engines.
MACHINERY	▶	Retractable bowthruster. Sloop rigged. Furling genoa. Watermaker. Dark blue hull.
NAVIGATION	▶	
EQUIPMENT	▶	
RIGGING	▶	
PARTICULARS	▶	

DYNAMIQUE 62



Hull Type:	Fin w/spade rudder		Rig Type:	Cutter	
LOA:	63.00' / 19.20m		LWL:	51.16' / 15.59m	
Beam:	16.50' / 5.03m		Listed SA:	2077 ft ² / 192.95 m ²	
Draft (max.)	8.33' / 2.54m		Draft (min.)		
Disp.	55000 lbs./ 24948 kgs.		Ballast:	18700 lbs. / 8482 kgs.	
SA/Disp.:	23.08	Bal./Disp.:	34.00%	Disp./Len.:	183.37
Designer:	Phillippe Briand				
Builder:	Dynamique - Dufour Sparks (FRA)				
Construct.:	FG		Bal. type:		
First Built:	1983	Last Built:		# Built:	
AUXILIARY POWER (orig. equip.)					
Make:	Perkins		Model:		
Type:	Diesel		HP:	120	
TANKS					

Water:	340 gals. / 1287 ltrs.	Fuel:	220 gals. / 833 ltrs.
BUILDERS (past & present)			
More about & boats built by:		Dufour Yachts (FRA)	
DESIGNER			
More about & boats designed by:		Philippe Briand	

Gilles Vaton 63



[Financiación](#) | [Transporte de barcos](#) | [Seguro](#)

- Resumen del barco
- Todos los detalles

Gilles Vaton 63 ('93) Astilleros Trehard 63

Aluminio - Astilleros Trehard
Desplazamiento: 20 Tn

Características:

Clase de oferta	Vela
Categoría	Cruceros
Marca	Gilles Vaton 63 ('93) Astilleros Trehard
Tipo	63
Construcción	1993
Eslora	18,90m
Material del casco	Fibra de Vidrio
Manga	5,40m
Calado	2,70m

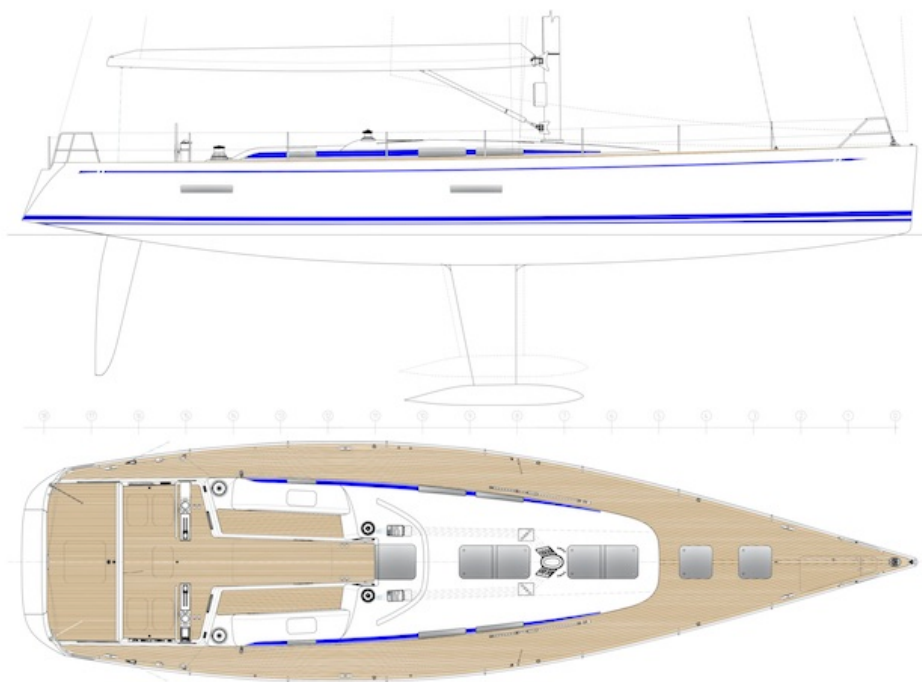
GRAND SOLEIL MAXI ONE



Hull Type:	Fin w/bulb & spade rudder		Rig Type:	Masthead Sloop	
LOA:	63.98' / 19.50m		LWL:	51.35' / 15.65m	
Beam:	17.55' / 5.35m		Listed SA:	2518 ft ² / 233.92 m ²	
Draft (max.)	8.53' / 2.60m		Draft (min.)		
Disp.	57320 lbs./ 26000 kgs.		Ballast:		
SA/Disp.:	27.22	Bal./Disp.:		Disp./Len.:	188.99
Designer:	Bruce Farr				
Builder:	Cantieri Del Pardo				
Construct.:	FG		Bal. type:		
First Built:	2002	Last Built:		# Built:	
AUXILIARY POWER (orig. equip.)					
Make:	Yanmar		Model:		
Type:	Diesel		HP:		
TANKS					
Water:	500 gals. / 1892 ltrs.		Fuel:	1000 gals. / 3785 ltrs.	

Swan 60 Specifications

Profile and Deck Arrangement



General

Length overall:	61.89 ft	18.86 m
Length of waterline:	54.80 ft	16.70 m
Beam:	16.70 ft	5.09 m
Draught (light):	11.81 ft	3.6 m
Ballast	17000 lbs	7700 Kg
Displacement (light)	41200 lbs	18700 kg



SWAN 60



OVERVIEW // IMAGES

TECHNICAL SPECIFICATIONS // LAYOUT

Type // Fast Cruising Sloop

Year // 2003

Length overall // 18.46 m - 60'6"

Length waterline // 15.91 m - 52'2"

Maximum beam // 4.95 m - 16'2"

Draught // 4.00 m - 13'1"

Displacement // 17.5 tons - 38,581 lbs

Speed (engine) // 8.5 kn

Sail area // 210 m² - 2,260 ft²

Accommodation // 6 guests

Saloon // Table and seats for 8 - 10

Naval architecture // Farr Yacht Design

Exterior design // Wally

Interior design // Wally

Construction // Carroll Marine, USA

Certification // RINA CE Certification

Mast and boom // Halls Spars, carbon pre-preg

Rigging // OYS

Engine // Yanmar 4JH2DTE 88 hp

Swan 601



LOA	60'
LWL	53'
Beam	14' 11"
Draft	12'
Displacement	39,700 lbs
Ballast	18,700 lbs
Sail area (100% foretriangle)	2,076 sq ft
Auxiliary	Yanmar 100-hp turbo diesel with/Gori 3-blade low-drag prop
Fuel	68 gal
Water	100 gal
Sail area-displ. ratio	28.44
Displ.-length ratio	119.87

X-55



Year of manufacture	2008
Length overall	16.76 metres
Length waterline	14.43 metres
Beam	4.57 metres
Draft	4.32 metres
Displacement	16,699 kg

MOODY 64



Hull Type:	Fin w/spade rudder		Rig Type:	Cutter	
LOA:	63.42' / 19.33m		LWL:	54.25' / 16.54m	
Beam:	17.50' / 5.33m		Listed SA:	1792 ft ² / 166.48 m ²	
Draft (max.)	8.50' / 2.59m		Draft (min.)		
Disp.	63360 lbs./ 28740 kgs.		Ballast:	22000 lbs. / 9979 kgs.	
SA/Disp.:	18.12	Bal./Disp.:	34.72%	Disp./Len.:	177.16
Designer:	Bill Dixon				
Builder:	Princess Yachts International				
Construct.:	FG		Bal. type:		
First Built:	2002	Last Built:	2004	# Built:	14
AUXILIARY POWER (orig. equip.)					
Make:	Yanmar		Model:	4LHA-STE	

Type:	Diesel	HP:	
TANKS			
Water:	363 gals. / 1374 ltrs.	Fuel:	565 gals. / 2139 ltrs.
RIG DIMENSIONS KEY			
I:	78.67' / 23.98m	J:	24.58' / 7.49m
P:	70.50' / 21.49m	E:	23.42' / 7.14m
PY:		EY:	
SPL:		ISP:	
SA(Fore.):	966.85 ft ² / 89.82 m ²	SA(Main):	825.56 ft ² / 76.69 m ²
Total(calc.)SA:	1,792.41 ft ² / 166.51 m ²	DL ratio:	177.16
SA/Disp:	18.13	Est. Forestay Len.:	82.42' / 25.12m

Comet 65



Specs

Builder: COMAR
Designer: BRUCE FARR
Flag of Registry: Italy
Keel: Bulb

Dimensions

LOA: 19.90 m
Beam: 5.25 m
Maximum Draft: 3.0 m
Displacement: 29000 kgs

Engines

Total Power: 150 HP

Engine 1:
Engine Brand: YANMAR
Year Built: 2000
Engine Type: Inboard
Engine/Fuel Type: Gas/Petrol
Engine Hours: 2250
Propeller: Folding propeller
Drive Type: Direct Drive
Engine Power: 150 HP

Tanks

Fresh Water Tanks: (1000 Liters)

Baltic 60 IMS

2005



BALTIC 60-IMS GENERAL SPECIFICATION

Design Dimensions:

LOA	18.002 m
DWL	15.141 m
BEAM	4.500 m
DRAFT	3.300 m
DISPLACEMENT	17.150 kg
BALLAST	7.163 kg

Sail Plan:

IM	24.035 m
J	6.810 m
P	24.030 m
E	8.650 m
BAS	2.050 m

BALTIC 64



Hull Type:	Fin w/bulb & spade rudder		Rig Type:	Masthead Sloop	
LOA:	64.18' / 19.56m		LWL:	50.50' / 15.39m	
Beam:	17.33' / 5.28m		Listed SA:	1821 ft ² / 169.17 m ²	
Draft (max.)	10.67' / 3.25m		Draft (min.)		
Disp.	56218 lbs./ 25500 kgs.		Ballast:	24652 lbs. / 11182 kgs.	
SA/Disp.:	19.94	Bal./Disp.:	43.85%	Disp./Len.:	194.87
RIG DIMENSIONS KEY					
I:	83.00' / 25.30m		J:	24.00' / 7.32m	
P:	75.00' / 22.86m		E:	22.00' / 6.71m	
SA(Fore.):	996.00 ft ² / 92.53 m ²		SA(Main):	825.00 ft ² / 76.64 m ²	
Total(calc.)SA:	1,821.00 ft ² / 169.17 m ²		DL ratio:	194.87	
SA/Disp:	19.94	Est. Forestay Len.:		86.40' / 26.33m	

HANSE 630E



Hull Type:	Fin w/bulb & spade rudder		Rig Type:	Fractional Sloop	
LOA:	62.34' / 19.00m		LWL:	56.10' / 17.10m	
Beam:	17.06' / 5.20m		Listed SA:	2111 ft ² / 196.11 m ²	
Draft (max.)	9.68' / 2.95m		Draft (min.)		
Disp.	52249 lbs./ 23700 kgs.		Ballast:	19621 lbs. / 8900 kgs.	
SA/Disp.:	24.28	Bal./Disp.:	37.55%	Disp./Len.:	132.11
AUXILIARY POWER (orig. equip.)					
Type:	Yanmar Diesel		HP:	110	
RIG DIMENSIONS KEY					
I:	84.45' / 25.74m		J:	22.80' / 6.95m	
P:	83.76' / 25.53m		E:	27.43' / 8.36m	
SA(Fore.):	962.73 ft ² / 89.44 m ²		SA(Main):	1,148.77 ft ² / 106.72 m ²	
Total(calc.)SA:	2,111.50 ft ² / 196.16 m ²		DL ratio:	132.11	
SA/Disp:	24.28	Est. Forestay Len.:		87.47' / 26.66m	

SOLARIS ONE 60



Hull Type:	Fin w/bulb & spade rudder		Rig Type:	Fractional Sloop	
LOA:	62.24' / 18.97m		LWL:	56.10' / 17.10m	
Beam:	16.90' / 5.15m		Listed SA:	2528 ft ² / 234.85 m ²	
Draft (max.)	10.83' / 3.30m		Draft (min.)		
Disp.	52910 lbs./ 24000 kgs.		Ballast:	16975 lbs. / 7700 kgs.	
SA/Disp.:	28.83	Bal./Disp.:	32.08%	Disp./Len.:	133.78
AUXILIARY POWER (orig. equip.)					
Make:	Yanmar		Model:	4LHA-DTP	
Type:	Diesel		HP:	200	
RIG DIMENSIONS KEY					
I:	85.96' / 26.20m		J:	23.62' / 7.20m	
P:	84.84' / 25.86m		E:	28.64' / 8.73m	
SA(Fore.):	1,015.19 ft ² / 94.31 m ²		SA(Main):	1,214.91 ft ² / 112.87 m ²	
Total(calc.)SA:	2,230.10 ft ² / 207.18 m ²		DL ratio:	133.78	

2014

Cuaderno 2

Pesos y Centro de Gravedad

VELERO TIPO OCEÁNICO 60 PIES DE ESLORA



GRADO EN ARQUITECTURA NAVAL

Autor: **PABLO ENRIQUE GONZÁLEZ SÁNCHEZ**

Tutor: **MARCOS MÍGUEZ GONZÁLEZ**



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

PROYECTO FIN DE GRADO EN ARQUITECTURA NAVAL

CURSO 2.012-2013

PROYECTO NÚMERO 14-106

TIPO DE BUQUE: Velero tipo oceánico de 60 pies de eslora

MATERIAL DEL CASCO: Materiales compuestos

CLASIFICACIÓN , COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: Bureau Veritas, Solas, Reglamentación ISO-UNE.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Las específicas para este buque

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA : 10 nudos al 90% MCR. 350 millas.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA : Las habituales en este tipo de buques.

PROPULSIÓN : Vela + 1 motor diesel.

TRIPULACIÓN Y PASAJE : 8 tripulantes/pasajeros

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES : Un mástil y demás elementos para la navegación en este tipo de buque

Ferrol, Febrero de 2.013

ALUMNO : D:/Dª Pablo Enrique González Sánchez

OBJETIVO:

En el presente cuaderno se intentará hacer una aproximación al estudio de pesos de la embarcación en la condición de buque en rosca, así como al cálculo de su centro de gravedad.

Para ello se ha dividido el peso en los diferentes elementos que lo componen, estudiando para cada uno su centro de gravedad en función de su posición en la embarcación. Principalmente se establece la siguiente división por motivos de cálculo:

- Casco y estructura
- Elementos a bordo

Los datos de partida de la embarcación son:

Eslora Total.....	18,00m
Eslora Flotación.....	16,31m
Manga.....	4,89m
Puntal.....	4,17 (2,03 sin apéndices) m
Calado	2,826 (0,686 sin apéndices) m
Desplazamiento.....	19865 kg
Cb.....	0,416
Cp.....	0,545
Cm.....	0,801
Superficie Véllica.....	202m ²
Número de Tripulantes.....	8 (2 tripulantes y 6 pasajeros)
Categoría de Navegación.....	A (Oceánica)

1 INTRODUCCIÓN	5
2 CÁLCULO DE PESOS DETALLADO	6
2.1 CASCO	6
2.1.1 FONDO	7
2.1.2 COSTADOS	8
2.1.3 PISO	9
2.1.4 REFUERZOS	9
2.1.5 MAMPAROS	11
2.2 CUBIERTA	12
2.3 ACASTILLAJE Y CABULLERÍA (RIG)	14
2.3.1 Cabullería	15
2.4 ESCOTILLAS	21
2.5 CANDELEROS, PÚLPITOS Y PASAMANOS	21
2.6 WINCHES	27
2.7 MAQUINARIA	29
2.8 GOBIERNO	29
2.9 SEGURIDAD	30
2.9.1 Balsas	30
2.9.2 Chalecos y aros salvavidas	30
2.9.3 Ancla y cadena	31
2.10 APÉNDICES	32
2.11 VELAS	32
2.12 INTERIOR	33
3 PESO EN ROSCA	34
4 BIBLIOGRAFÍA	35
ANEXO I

1 Introducción

En este apartado, se calcula el peso en rosca y la posición del centro de gravedad del barco. Dicho cálculo sólo es una mera aproximación porque hasta que no se realiza la puesta a flote de la embarcación y se realiza la experiencia de estabilidad, no se conocen con exactitud dichos valores.

El peso o desplazamiento de un barco (Δ) se descompone en dos: peso en rosca (Δ_R) y peso muerto (PM). Se define como peso en rosca, (Δ_R), a la suma de todos los pesos del barco cuando éste se encuentra listo para navegar, excluyendo la carga, pasaje, tripulación, pertrechos y consumos, pero incluyendo fluidos en aparatos y tuberías. El peso muerto será por tanto todas las exclusiones anteriormente mencionadas.

El estudio de la posición del centro de gravedad del barco, sirve para saber si en una condición de carga determinada la posición del centro de gravedad del barco es la adecuada con respecto al centro de carena.

La posición del centro de gravedad se descompone en tres componentes según el eje de referencia, una componente longitudinal, LCG, cuyo eje se encuentra en la dirección de la eslora, una componente transversal, TCG, cuyo eje se encuentra en la dirección de la manga, y otra componente vertical, VCG, cuyo eje es perpendicular a los otros dos mencionados anteriormente.

Para el cálculo se han tomado los pesos reales de los equipos y maquinaria a instalar, a partir de los datos suministrado por el fabricante para equipos determinados, y en cuanto pesos de la estructura y de otros elementos a construir, una vez se tienen los volúmenes de cada elemento se ha calculado el peso mediante la densidad, ya que se han ido disgregando en elementos homogéneos.

La posición del centro de gravedad respecto al eje de referencia usado de cada uno de estos elementos que componen el peso en rosca, se determinará midiendo el centro de gravedad propio de cada elemento directamente en los planos.

El punto "0" del eje de referencia de la embarcación, para facilitar los cálculos, está situado en la intersección de la línea base del casco sin apéndices (los apéndices estarán

por debajo de la misma) con el extremo de mas a popa y, en crujía. Para el cálculo de la posición del centro de gravedad se seguirá el siguiente criterio de signos:

- Desde el extremo de más popa hacia proa se toman los valores positivos (no hay valores negativos).
- Desde la línea base del casco hacia arriba se toman los valores positivos y hacia abajo los valores negativos.
- Desde el plano de crujía hacia babor se toman los valores positivos y a estribor los negativos.

A continuación se presentan las tablas de pesos desglosadas en grupos que se detallan a continuación. Hemos aplicado un factor de corrección del 10 %.

2 Cálculo de pesos detallado

2.1 Casco

1. CASCO	Weight	LCG	TCG	VCG	W * LCG	W * TCG	W * VCG
Casco	630,00	8,45	0,00	0,29	5323,50	0,00	182,70
Costados	435,00	8,02	0,00	1,33	3488,70	0,00	578,55
Piso	777,00	7,31	0,00	0,41	5679,87	0,00	318,57
Mamparos	124,00	5,86	0,00	1,19	726,64	0,00	147,56
Refuerzos(T)	271,00	9,53	0,00	1,19	2582,63	0,00	322,49
Refuerzos(L)	116,00	6,46	0,00	0,75	749,36	0,00	87,00
Total	2353,00	7,88	0,00	0,70	18550,70	0,00	1636,87

Tabla 1 Detalle de los pesos y c.d.g de la sección Casco

Para la obtención del peso del casco, metimos el mismo en el programa de modelado Rhinoceros. Tiene una función que es Análisis de área, la cual nos servirá para obtener la superficie del casco (costados y fondo). A partir de la superficie estableceremos el peso del mismo con un calculo de las láminas de fibra que le vamos a dar para obtener el espesor que calcularemos en el cuaderno de estructura. También nos servirá para calcular el centro del mismo. Para eso haremos una división entre fondo y costados

2.1.1 FONDO

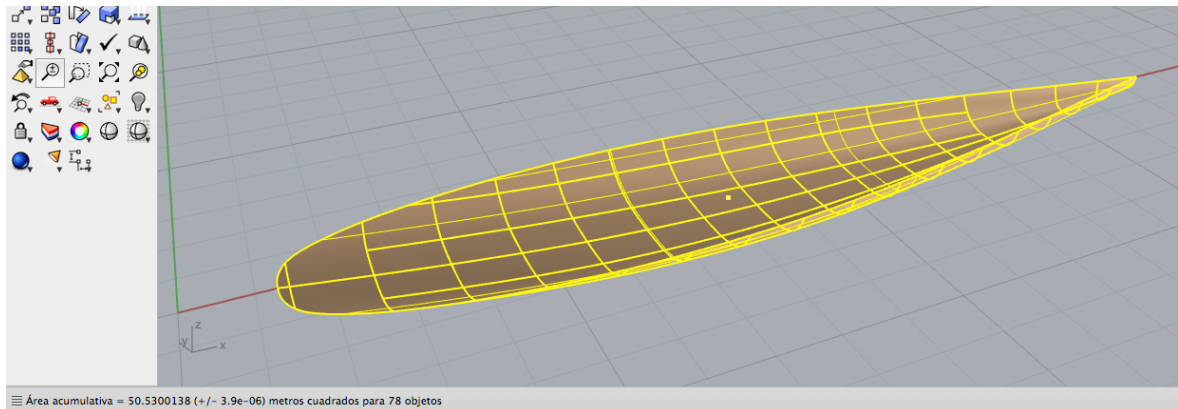


Figura 2 Análisis de área fondo

Tendremos en cuenta que aparte de las láminas de fibra, el 50% del peso de fibra será resina Epoxi, y un 18,5% del peso de este será Gelcoat, la ultima capa que le dará la textura y el brillo característico al barco.

LAMINA	MATERIAL	peso (kg/m ²)	t (mm)	% EPOXI
1	CARBONO	0,42	0,6	50
2	CARBONO	0,42	0,6	50
3	CARBONO	0,42	0,6	50
4	CARBONO	0,42	0,6	50
5	CARBONO	0,42	0,6	50
6	CARBONO	0,42	0,6	50
7	CARBONO	0,42	0,6	50
8	CARBONO	0,42	0,6	50
9	PVC H130	1,95	25	50
10	CARBONO	0,42	0,6	50
11	CARBONO	0,42	0,6	50
12	CARBONO	0,42	0,6	50
13	CARBONO	0,42	0,6	50
14	CARBONO	0,42	0,6	50
15	CARBONO	0,42	0,6	50
16	GELCOAT	18,5% EPOXI	–	–
TOTAL		7,83	33,4	

PESO CARBONO (kg/m ²)	7,83
50% EPOXI (kg/m ²)	3,92
18,5% GELCOAT (kg/m ²)	0,72

PESO TOTAL (kg/m ²)	12,47
---------------------------------	-------

CASCO	AREA (m ²)	PESO (kg)	X (m)	Y (m)	Z (m)	P x X (kgm)	P x Y (kgm)	P x Z (kgm)
FONDO	50,53	630	8,45	0	0,29	5324,11	0,00	182,72
TOTAL		630				5324,11	0,00	182,72

	LCG	TCG	VCG
FONDO	8,45	0,00	0,29

Tabla 2-3 Análisis peso laminado fondo

2.1.2 COSTADOS

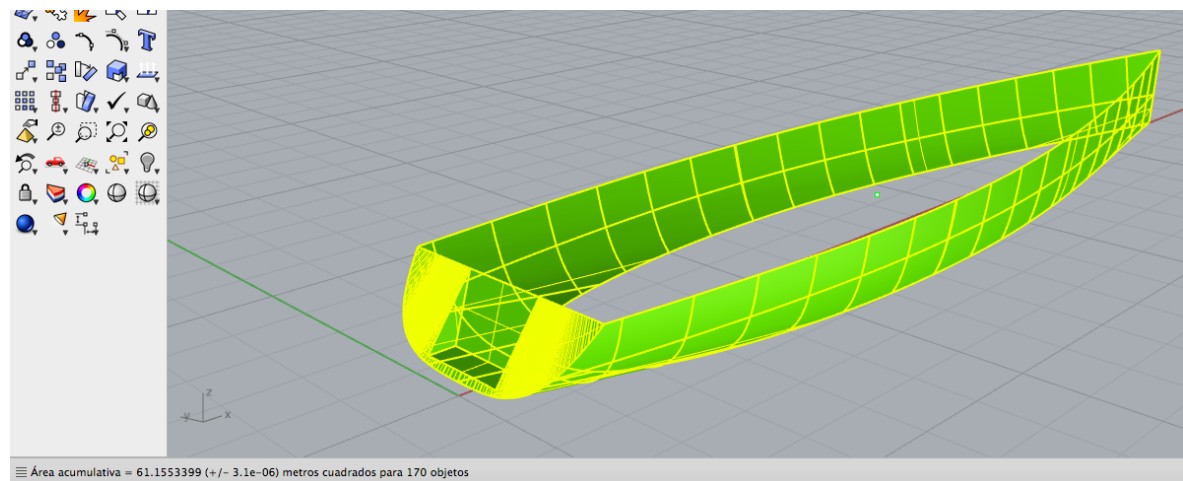


Figura 2. Análisis de área costados

Para los costados se sigue un cálculo análogo al anterior

LAMINA	MATERIAL	PESO (kg/m ²)	t (mm)	% EPOXI
1	CARBONO	0,42	0,6	50
2	CARBONO	0,42	0,6	50
3	CARBONO	0,42	0,6	50
4	PVC H130	1,95	17	50
5	CARBONO	0,42	0,6	50
6	CARBONO	0,42	0,6	50
7	CARBONO	0,42	0,6	50
8	GELCOAT	18,5% EPOXI	–	–
TOTAL		4,47	20,6	

PESO CARBONO (kg/m ²)	4,47
50% EPOXI (kg/m ²)	2,24
18,5% GELCOAT (kg/m ²)	0,41
PESO TOTAL (kg/m ²)	7,12

CASCO	AREA (m ²)	PESO (kg)	X (m)	Y (m)	Z (m)	P x X (kgm)	P x Y (kgm)	P x Z (kgm)
COSTADOS	61,16	435	8,02	0	1,33	3491,63	0,00	579,04
TOTAL		435				3491,63	0,00	579,04

	LCG	TCG	VCG
COSTADOS	8,02	0,00	1,33

Tabla 4-5. Análisis peso laminado costado

2.1.3 PISO

Necesitamos un suelo en el casco donde se pueda andar por el interior y llegar a cualquiera de los rincones del barco, por lo que a partir del peso de una lámina de contrachapado y el área estimada de suelo obtendremos el peso total del mismo.

PESO TOTAL (kg/m ²)	35,00	lamina						
PISO	AREA (m ²)	PESO (kg)	X (m)	Y (m)	Z (m)	P x X (kgm)	P x Y (kgm)	P x Z (kgm)
PISO	22,20	777	7,31	0	0,41	5679,87	0,00	318,57
TOTAL		777				5679,87	0,00	318,57

	LCG	TCG	VCG
SUELO	7,31	0,00	0,41

Tabla 6. Análisis laminado suelo

2.1.4 REFUERZOS

LAMINA	MATERIAL	PESO (kg/m ²)	t (mm)	% EPOXI
1	matt600	2	1	50
2	matt600	2	1	50
3	rov800	1,66	0,9	50
TOTAL		5,66	2,9	

PESO CARBONO (kg/m ²)	5,66
-----------------------------------	------

50% EPOXI (kg/m ²)	2,83
PESO TOTAL (kg/m ²)	8,49

LONGITUDINAL

REFUERZOS (L)	AREA (m ²)	PESO (kg)	X (m)	Y (m)	Z (m)	P x X (kgm)	P x Y (kgm)	P x Z (kgm)
fondo1	3,25	28	5,88	0,55	0,32	162,14	15,17	8,82
fondo2	3,25	28	5,88	-0,55	0,32	162,14	-15,17	8,82
costado1	2,30	20	7,6	1,95	1,585	148,41	38,08	30,95
costado2	2,30	20	7,6	-1,95	1,585	148,41	-38,08	30,95
cubierta1	2,52	21	5,88	0	0,32	125,66	0,00	6,84
TOTAL		116				746,76	0,00	86,39

	LCG	TCG	VCG
REFUERZOS (L)	6,46	0,00	0,75

TRANSVERSAL

REFUERZOS (T)	AREA (m ²)	PESO (kg)	X (m)	Y (m)	Z (m)	P x X (kgm)	P x Y (kgm)	P x Z (kgm)
fondo1	1,60	13,58	5	0	0,41	67,92	0,00	5,57
fondo2	1,65	14,01	7	0	0,36	98,06	0,00	5,04
fondo3	1,65	14,01	9	0	0,33	126,08	0,00	4,62
fondo4	1,54	13,07	11	0	0,25	143,82	0,00	3,27
fondo5	1,28	10,87	13	0	0,29	141,27	0,00	3,15
fondo6	1,04	8,83	15	0	0,38	132,44	0,00	3,36
costado1	1,13	17,31	5	0	1,256	86,56	0,00	21,74
costado2	1,15	17,62	7	0	1,246	123,33	0,00	21,95
costado3	1,19	18,23	9	0	1,266	164,08	0,00	23,08
costado4	1,21	18,54	11	0	1,286	203,91	0,00	23,84
costado5	1,32	20,22	13	0	1,336	262,89	0,00	27,02
costado6	1,37	20,99	15	0	1,366	314,83	0,00	28,67
cubierta1	1,40	11,89	5	0	2,54	59,43	0,00	30,19
cubierta2	1,20	10,19	7	0	2,37	71,32	0,00	24,15
cubierta3	1,15	9,79	9	0	2,34	88,12	0,00	22,91
cubierta4	1,08	9,13	11	0	2,31	100,46	0,00	21,10
cubierta5	0,88	7,50	13	0	2,16	97,51	0,00	16,20
cubierta6	0,70	5,95	15	0	1,89	89,22	0,00	11,24
TOTAL		242				2282,02	0,00	285,86

	LCG	TCG	VCG
REFUERZOS (T)	9,44	0,00	1,18

Tabla 7-8-9. Análisis peso y c.d.g. laminado refuerzos

2.1.5 MAMPAROS

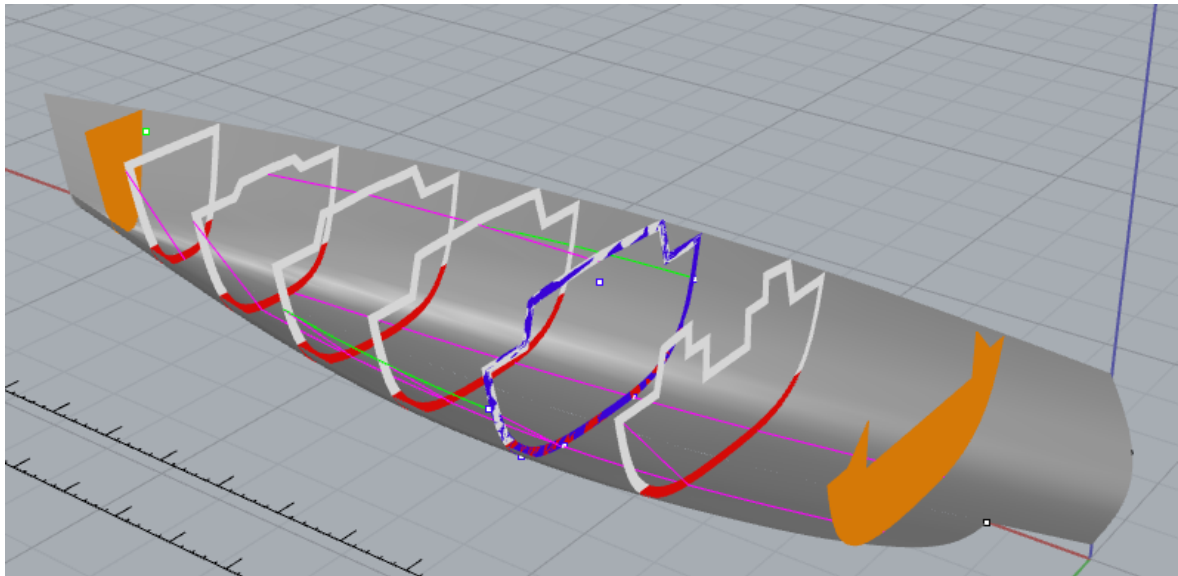


Figura 3 En naranja, mamparos del barco

LAMINA	MATERIAL	PESO (kg/m ²)	t (mm)	% EPOXI
1	matt600	2	1	50
2	matt601	2	1	50
2	matt600	2	1	50
3	matt600	2	1	50
4	rov800	1,66	0,9	50
TOTAL		9,66	4,9	

PESO CARBONO (kg/m ²)	9,66
50% EPOXI (kg/m ²)	9,66
PESO TOTAL (kg/m ²)	19,32

Mamparo	AREA	PESO	X	Y	Z	P x X	P x Y	P x Z
---------	------	------	---	---	---	-------	-------	-------

	(m ²)	(kg)	(m)	(m)	(m)	(kgm)	(kgm)	(kgm)
mamparo1	4,78	92,35	2,26	0	1,21	208,71	0,00	111,74
mamparo6	1,65	31,88	16,3	0	1,13	519,61	0,00	36,02
TOTAL		124				728,32	0,00	147,77

	LCG	TCG	VCG
Mamparo	5,86	0,00	1,19

Tabla 10-11. Análisis peso y c.d.g. laminado mamparos

2.2 Cubierta

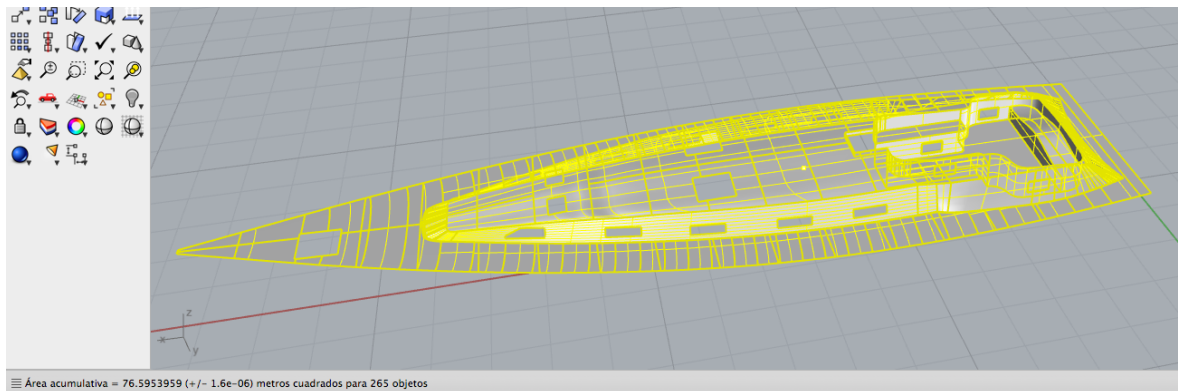


Figura 3 Cubierta del barco

LAMINA	MATERIAL	PESO (kg/m ²)	t (mm)	% EPOXI
1	CARBONO	0,42	0,6	50
2	CARBONO	0,42	0,6	50
3	CARBONO	0,42	0,6	50
4	CARBONO	0,42	0,6	50
5	CARBONO	0,42	0,6	50
6	CARBONO	0,42	0,6	50
7	PVC H80	0,4	5	50
8	CARBONO	0,42	0,6	50
9	CARBONO	0,42	0,6	50
10	CARBONO	0,42	0,6	50
11	CARBONO	0,42	0,6	50
12	CARBONO	0,42	0,6	50
13	CARBONO	0,42	0,6	50
14	GELCOAT	18,5% EPOXI	–	–
TOTAL		5,44	12,2	

PESO CARBONO (kg/m ²)	5,44
50% EPOXI (kg/m ²)	2,72
18,5% GELCOAT (kg/m ²)	0,50
PESO TOTAL (kg/m ²)	8,66

CUBIERTA	AREA (m ²)	PESO (kg)	X (m)	Y (m)	Z (m)	P x X (kgm)	P x Y (kgm)	P x Z (kgm)
CUBIERTA	76,6	664	7,98	0	2,2	5295,54	0,00	1459,92
TOTAL		664				5295,54	0,00	1459,92

	LCG	TCG	VCG
CUBIERTA	7,98	0,00	2,20

Tabla 12-13. Tabla análisis peso y c.d.g. laminado cubierta

2. CUBIERTA	Cantidad	Weight	LCG	TCG	VCG	W * LCG	W * TCG	W * VCG
Cubierta	1	664,00	7,98	0,00	2,20	5298,72	0,00	1460,80
Teka	1	500,00	9,88	0,00	1,70	4940,00	0,00	850,00
Acabados								
cubierta	1	430,00	9,58	0,00	0,65	4119,40	0,00	279,50
Mobiliario	1	350,00	6,15	0,00	1,70	2152,50	0,00	595,00
Total		1944,00	8,49	0,00	1,64	16510,62	0,00	3185,30

Tabla 14. Peso y c.d.g. Cubierta

De la misma manera que antes el calculo del peso y c.d.g. del casco , para la cubierta se realizan los mismos pasos. La cubierta es el sistema de cierre superior de la embarcación.



Figura 4. Construcción de la cubierta del TP 52 USA-Oracle

2.3 Acastillaje y cabullería (Rig)

Se denomina Rig en el ámbito naval al conjunto de cabullería y acastillaje que necesitan los barcos para facilitar el manejo del mismo durante la navegación tanto a motor como a vela.

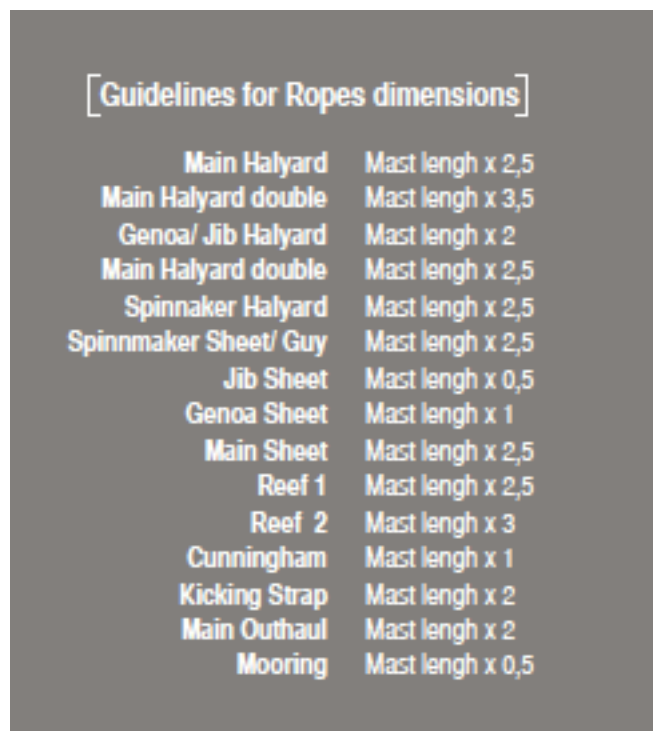
Se denomina Rigger al distribuidor u operario que monta este tipo de sistemas en el barco.

Este apartado engloba la jarcia fija de la embarcación. Los materiales que se usarán en esta sección serán de aluminio para el mástil y la botavara, acero inoxidable para stay backstay y obenques, y el tangón lo consideramos construido en fibra de carbono.

2.3.1 Cabullería

En cuanto a la cabuyería, tenemos las drizas (cabos que izan-arrian las velas) y las escotas (cabos que regulan las velas) de cada vela. Las drizas podemos considerarlas conjuntas, ya que todas circulan a través del palo y viene reenviadas a una zona determinada de la cubierta. A diferencia de las drizas, con las escotas, consideramos que cada vela tiene la suya en su extremo más a popa para su regulación.

Determinamos el número de metros totales cogiendo el catálogo de nuestro distribuidor de cabos ALPHA ROPES, escogeremos la gama "pro race", destinada sobre todo a la alta competición, será la gama de más fiabilidad, aunque resulte algo mas cara que otro tipo de gama mas de crucero, nos dará el plus de seguridad y confort que buscamos, ya que en un velero, los cabos es una de las partes fundamentales donde nunca se debería escatimar. La tabla de longitudes recomendadas que obtenemos en el catálogo:



[Guidelines for Ropes dimensions]	
Main Halyard	Mast length x 2,5
Main Halyard double	Mast length x 3,5
Genoa/ Jib Halyard	Mast length x 2
Main Halyard double	Mast length x 2,5
Spinnaker Halyard	Mast length x 2,5
Spinnaker Sheet/ Guy	Mast length x 2,5
Jib Sheet	Mast length x 0,5
Genoa Sheet	Mast length x 1
Main Sheet	Mast length x 2,5
Reef 1	Mast length x 2,5
Reef 2	Mast length x 3
Cunningham	Mast length x 1
Kicking Strap	Mast length x 2
Main Outhaul	Mast length x 2
Mooring	Mast length x 0,5

Figura 5. Tabla guía longitud cabos

Como vemos nos recomienda una longitud en función de la altura del mástil (hasta cubierta), que en nuestro caso será de 27,25 m. Por lo que las longitudes de nuestra cabuyería será la siguiente:

Driza mayor: $27,25 \cdot 2,5 = 68,13$ m

Driza Génova/foque: $27,25 \cdot 2 = 54,5$ m

Driza spinnaker: $27,25 \cdot 2,5 = 68,13$ m

Escota mayor: $27,25 \cdot 2,5 = 68,13$ m

Escota foque/genova: $27,25 \cdot 1 = 27,25$ m

Escota spinnaker: $27,25 \cdot 2,5 = 68,13$ m

Rizos 1 y 2: $27,25 \cdot 5,5 = 150$ m

Sistemas variados: $27,25 \cdot 2 = 54,5$

TOTAL longitud cabo 558,77m

Aparte de conocer la longitud tendremos que hacer una elección del tipo de cabo y del diámetro del mismo, es importante no equivocarse eligiendo, ya que no es lo mismo regular una vela con un cabo diseñado para izarla, podría llevar a quemaduras en las manos de la tripulación. Como también es importante su diámetro, a mayor diámetro, más peso y mayor carga de rotura, algo que nos convendrá navegando con vientos fuertes, pero no con brisas.

<i>Metric System</i>					
[Suggested Diameters <i>mm</i>]					
Description	less 25ft	25ft to 30ft	31ft to 40ft	41ft to 55ft	55ft plus
Main Halyard	7	7	7	10/12	12/14
Genoa/ Jib Halyard	6	6/ 7	8	10	12/ 14
Spinnaker Halyard	6	6	7	8/ 9	10/ 12
Top Lift	6	8/ 10	7	8	10/ 12
Main Sheet	8	8	10	10/ 12	12/ 14
Genoa/ Jib Sheet	8	8	10	10/ 12	12/ 14
Spinnmaker Sheet	7	7	8	10	12
Spinnmaker Guy				10	12/ 14

Figura 6. Diámetros recomendados para cada tipo de cabo en el barco

Viendo el catálogo ALPHA del **ANEXO I** las elecciones serán:

D-CUP 78 14 mm para driza de mayor

D-CUP 90 XTM 14 mm para driza de Génova

D-CUP Kmix 12 mm para driza de spinnaker

D-CUP PBO 12 mm para escota de mayor

D-CUP Kmix PBO 12 mm para escotas de foque

D-CUP Kmix PBO 12 mm para escotas de spi



Figura 7. ALPHA D-Cup cabo destinado a las drizas



Figura 8. ALPHA D-Cup cabo destinado a las escotas

En el mismo catalogo tenemos un peso aproximado para cada tipo de cabo a multiplicar por nuestra longitud.

En cuanto a la posición del c.d.g de las drizas las establecemos a una altura del palo ya que suben hasta arriba de todo y vuelven a bajar en la condición de no tener velas aparejadas.

Con las escotas pensaremos que están montadas y fijadas a su respectiva vela.

3. RIG	Cantidad	Peso (W)	LCG	TCG	VCG	W * LCG	W*TCG	W * VCG
Mástil	1,00	420,00	11,05	0,00	13,10	4641,00	0,00	5502,00
Botavara	1,00	90,00	6,84	0,00	4,22	615,60	0,00	379,80
Tangón	1,00	20,00	14,00	0,00	4,60	280,00	0,00	92,00
Jarcia fija	1,00	290,00	10,00	0,00	13,00	2900,00	0,00	3770,00
Poleas varias	12,00	15,00	9,06	0,00	2,10	135,90	0,00	31,50
Displays palo	4,00	1,00	10,72	0,00	3,53	10,72	0,00	3,53
Compás	2,00	0,50	4,90	0,00	2,30	2,45	0,00	1,15
Carro mayor	1,00	15,00	3,33	0,00	2,00	49,95	0,00	30,00
Carril génova								
babor	1,00	4,50	10,94	1,32	2,08	49,23	5,94	9,36
Carril génova								
estribor	1,00	4,50	10,94	-1,32	2,08	49,23	-5,94	9,36
Herramientas y								
repuestos	1,00	5,00	6,44	0,00	0,50	32,20	0,00	2,50
Drizas mayor	68,13	0,13	11,00	0,00	10,00	98,92	0,00	89,93
Driza genova	54,50	0,17	11,00	0,00	9,50	102,51	0,00	88,54
Driza spi	68,13	0,12	11,00	0,00	9,77	86,18	0,00	76,55
Escota mayor	68,13	0,95	6,84	0,00	3,80	442,71	0,00	245,95

Escotas genova	27,25	0,12	6,84	0,00	2,10	21,43	0,00	6,58
Escotas spi	68,13	0,12	6,84	0,00	3,20	53,59	0,00	25,07
Total		967,34	9,89	0,00	10,71	9571,63	0,00	10363,82

Tabla 15 Detalle de los pesos y c.d.g de la sección rig



Figura 9 Display equipo viento

Será un utensilio necesario para la navegación e indispensable para la competición todos los sistemas de ayuda como: compás, equipo de viento, sonda, corredera...

Instalaremos 6 displays de 250 g cada uno a lo largo del barco, la situación será la típica en este tipo de barcos, dos compases en la bañera del barco y cuatro displays multifunción en la parte baja del palo, bajo la botavara.

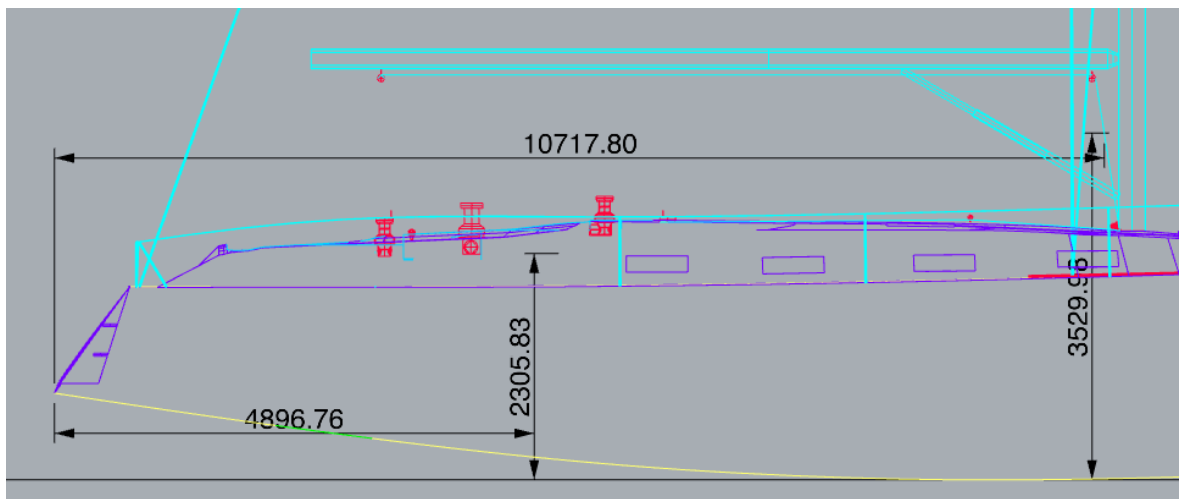


Figura 10. Esquema medidas c.d.g.

En cuanto a los c.d.g. de demás componentes medidos en plano, podemos establecer las medidas de escoteros de foque y de mayor, así como la de tangón botavara y mástil.

El tangón se supondrá anclado en su sitio natural pero con una altura de reposo sobre cubierta.

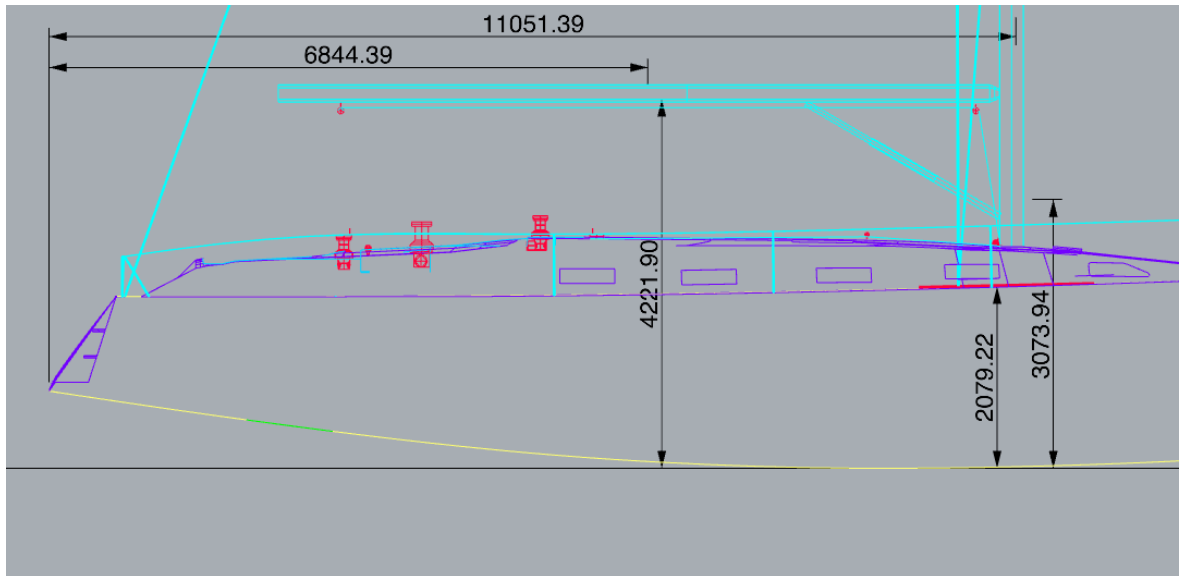


Figura 11. Esquema medidas c.d.g.

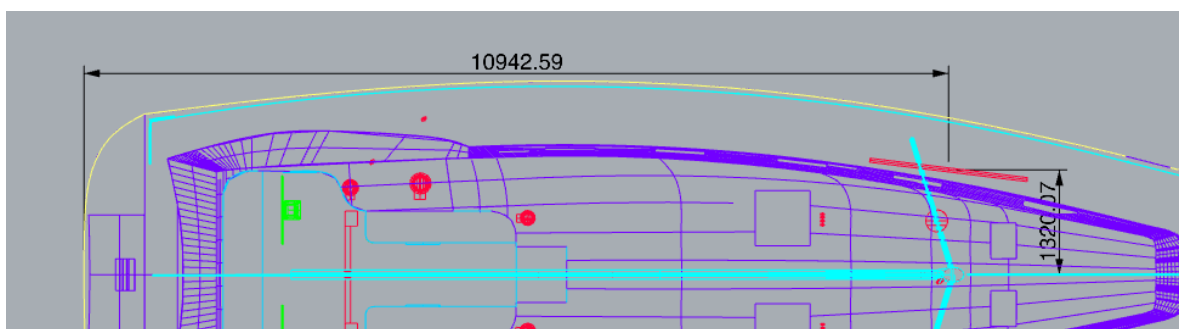


Figura 12. Esquema medidas c.d.g.

2.4 Escotillas

Las dos escotillas que nos ocuparan serán la escotilla de entrada al interior de la habitación del barco, y el portillo de proa por donde normalmente se arría algún tipo de vela.

4. ESCOTILLA	Cantidad	Weight	LCG	TCG	VCG	W * LCG	W * TCG	W * VCG
Portillo proa	1	15,00	15,72	0,00	2,20	235,86	0,00	33,00
Portillo entrada	1	11,00	5,79	0,00	2,40	63,68	0,00	26,40
Total		26,00	11,52	0,00	2,28	299,54	0,00	59,40

Tabla 16 Detalle de los pesos y c.d.g de la sección Escotillas

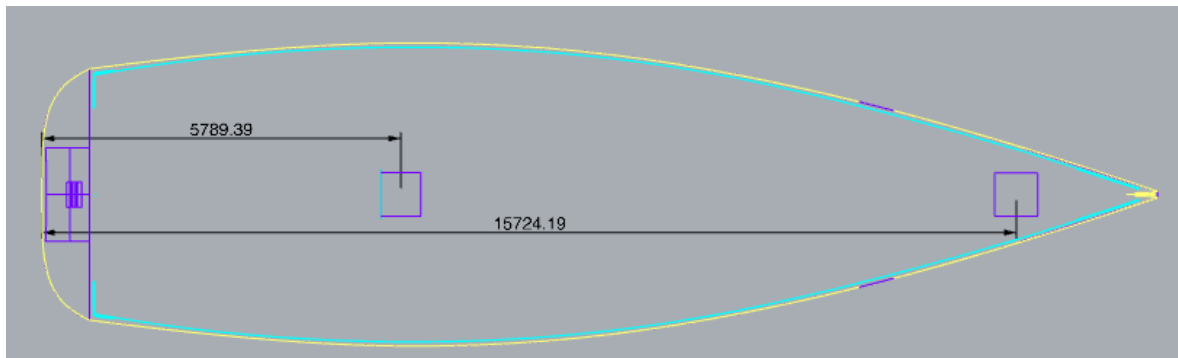


Figura 13. Esquema medidas c.d.g.

2.5 Candeleros, púlpitos y pasamanos

Los candeleros son los soportes que aguantan los cables de seguridad en tensión, en nuestro barco NO está permitido hacerlos en carbono, para reducir peso, por el reglamento Internacional ORC.

Los pasamos deberán estar tensos, entendiendo como tensos que sometidos a una fuerza de 50 N en el punto medio entre soportes, la flecha resultante no sea mayor de 50 mm.

La altura de los pasamanos no será menor de 600 mm por encima de la cubierta de trabajo. Ninguna abertura vertical excederá 380 mm. Además en nuestro caso que tenemos pasamanos intermedios, la altura del pasamanos intermedio no será inferior a 230 mm por encima de la cubierta de trabajo.

En nuestro caso, se indican las medidas de los púlpitos y pasamanos en la figura siguiente, que cumplen con los requisitos del párrafo anterior.

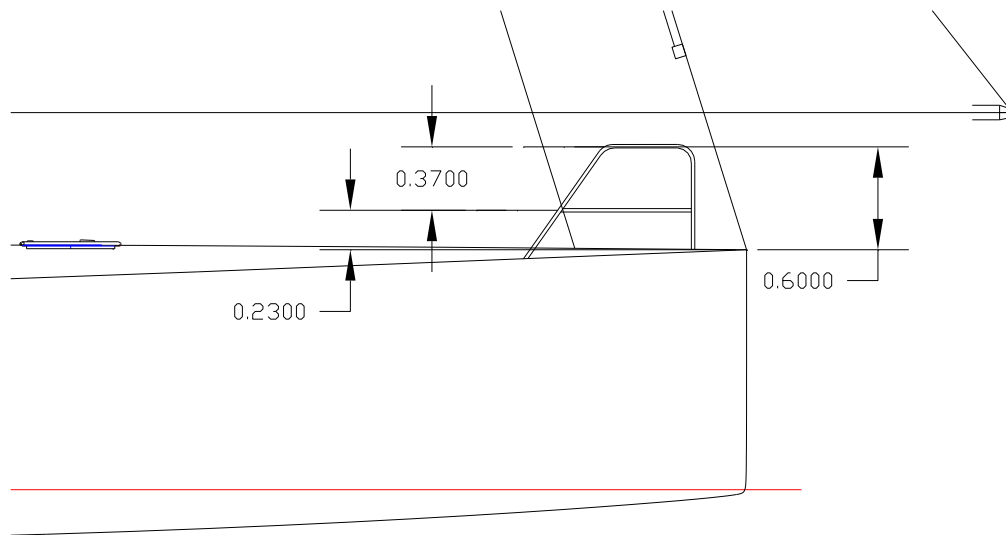


Figura 14 Esquema medidas púlpito proa

El cable de los pasamanos será cable trenzado de hilo de acero inoxidable con un diámetro mínimo de 4 mm. No pueden estar pintados y se utilizarán sin fundas ceñidas, aunque se admiten fundas temporales si se demuestra que se quitarán regularmente para inspeccionar el cable. Se recomienda hilo inoxidable de Grado 316.

Las fundas tienen sentido sobre todo en los pasamanos intermedios, ya que será donde los tripulantes apoyen el torso al hacer banda como se muestra en la siguiente figura 15.

Todos los alambres, accesorios, puntos de anclaje, soportes y piolas deberán conformar un sistema de pasamanos cerrados que tenga en todos sus puntos al menos la tensión de rotura del cable de pasamanos requerido.



Figura 15 Tripulantes haciendo banda con funda textil en los pasamanos intermedios



Figura 16 Candeleros diferentes tamaños

Debido a que se encuentran en ambas bandas cada candelero tendrá una componente TCG que se anulará con la componente del simétrico.

Las estructuras delantera y traseras llamadas púlpitos también serán objeto de cálculo.

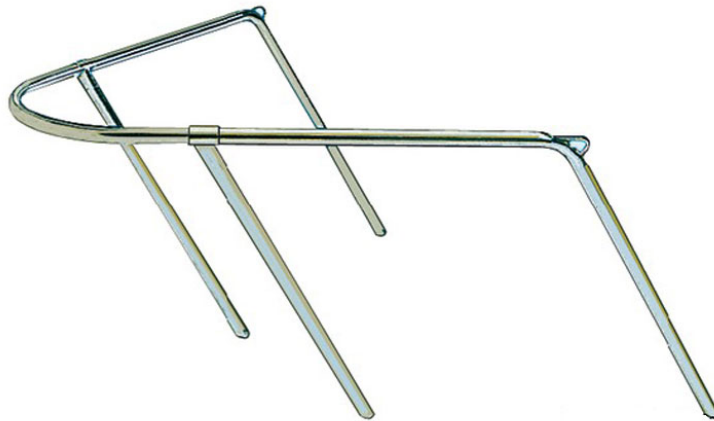


Figura 17. Púlpito proa

5. CANDELEROS	Cantidad	Weight	LCG	TCG	VCG	W * LCG	W * TCG	W * VCG
Candelero 1 babor	1	5,00	2,49	2,25	2,15	12,45	11,25	10,75
Candelero 1 estribor	1	5,00	2,49	-2,25	2,15	12,45	-11,25	10,75
Candelero 2 babor	1	5,00	5,77	2,36	2,15	28,85	11,80	10,75
Candelero 2 estribor	1	5,00	5,77	-2,36	2,15	28,85	-11,80	10,75
Candelero 3 babor	1	5,00	8,28	2,27	2,18	41,40	11,35	10,90
Candelero 3 estribor	1	5,00	8,28	-2,27	2,18	41,40	-11,35	10,90
Candelero 4 babor	1	5,00	10,76	1,96	2,22	53,80	9,80	11,10
Candelero 4 estribor	1	5,00	10,76	-1,96	2,22	53,80	-9,80	11,10
Candelero 5 babor	1	5,00	13,20	1,42	2,31	66,00	7,10	11,55
Candelero 5 estribor	1	5,00	13,20	-1,42	2,31	66,00	-7,10	11,55
Candelero 6 babor	1	5,00	15,62	0,76	2,40	78,10	3,80	12,00
Candelero 6 estribor	1	5,00	15,62	-0,76	2,40	78,10	-3,80	12,00
Púlpito proa	1	20,00	17,70	0,00	2,40	354,00	0,00	48,00
Púlpito popa babor	1	15,00	0,84	1,70	2,05	12,60	25,50	30,75
Púlpito popa estribor	1	15,00	0,84	-1,70	2,05	12,60	-25,50	30,75
Total		110,00	8,55	0,00	2,21	940,40	0,00	243,60

Tabla 17. Detalle de los pesos y c.d.g de la sección candeleros

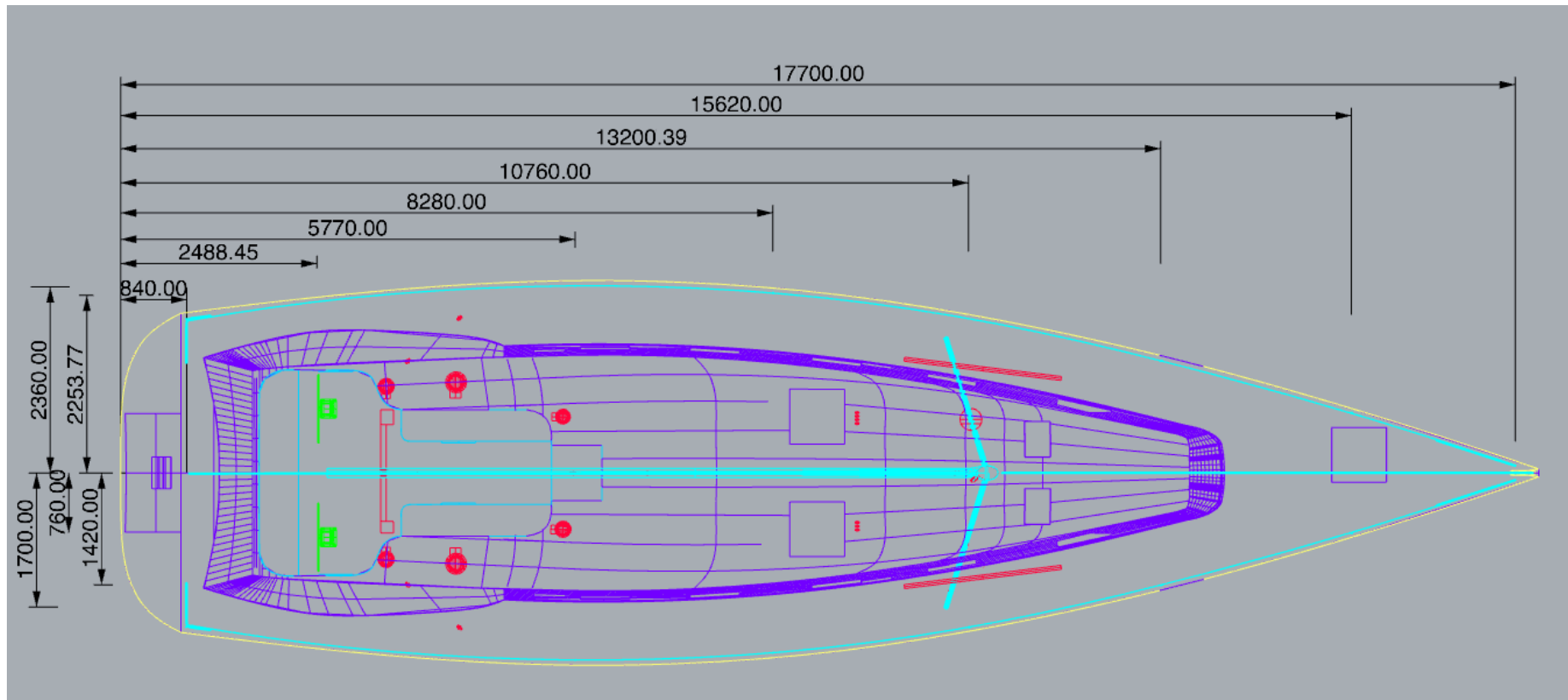


Figura 18. Esquema medidas c.d.g.

2.6 Winches

Denominamos Winches a cilindros o tambores giratorios que facilitan la maniobra de izado de velas, cobrado de escotas,... etc. Se utiliza este término en embarcaciones deportivas para referirse a un cabrestante pequeño, no tendría una palabra exacta en español.

Es importante saber que los cabos se giran alrededor del winche normalmente dando vueltas siempre hacia la derecha (sentido agujas del reloj), pero en veleros que necesitan instalaciones winche laterales de gran tamaño existe un problema grande de roce de cabos con partes de la superestructura, por lo que en los winches de estribor cargan los cabos en sentido de las agujas del reloj y en los de babor viceversa, con la finalidad de alejar el tiro del cabo hacia el exterior del barco.

Para utilizarlos es necesario girar una manivela de winche que se introduce en la parte superior.



Configuration	Self-tailing
Speed	2
Drum Ø (mm)	175 mm
Drum Ø (in)	6 7/8 in
Base Ø (mm)	287 mm
Base Ø (in)	11 5/16 in
Height (mm)	320 mm
Height (in)	12 9/16 in
Weight (kg)	21.2 kg

Figura 19 Winche y características

Para establecer los pesos de los Winches acudimos al catálogo de Harkken, el distribuidor de acastillaje más grande del mundo. Los c.d.g. los medimos en el plano.

6. WINCHES	Cantidad	Weight	LCG	TCG	VCG	W * LCG	W * TCG	W * VCG
Winches drizas Br/Er	2	42,40	5,61	0,00	2,69	237,86	0,00	114,06
Winche principal Br/Er	2	60,00	4,26	0,00	2,56	255,60	0,00	153,60
Winche escota mayor Br/Er	2	42,40	3,37	0,00	2,50	142,89	0,00	106,00
Varios	1	15,00	9,06	0,00	2,10	135,90	0,00	31,50
Total		159,80	4,83	0,00	2,54	772,25	0,00	405,16

Tabla 18. Detalle de los pesos y c.d.g de la sección winches

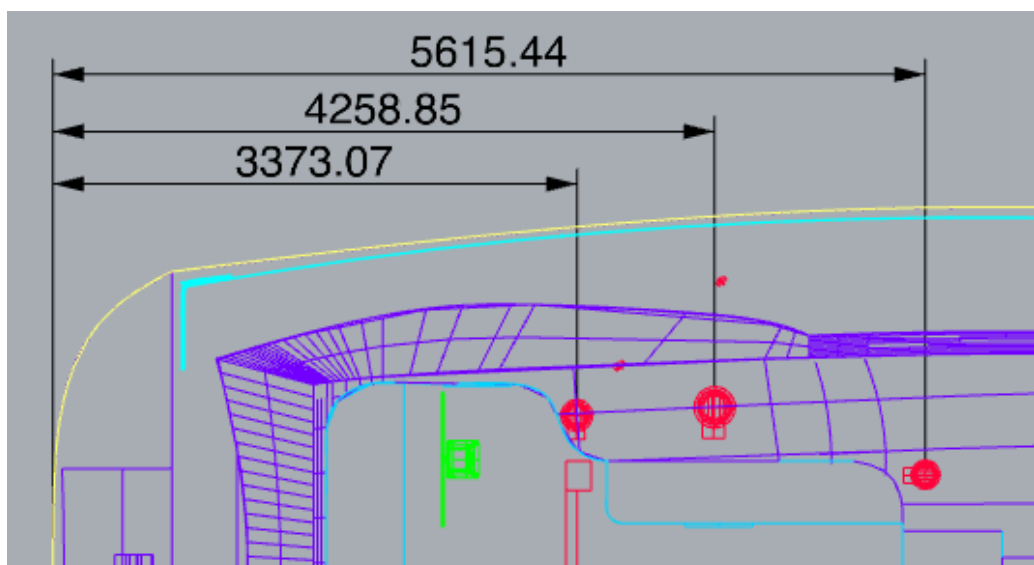
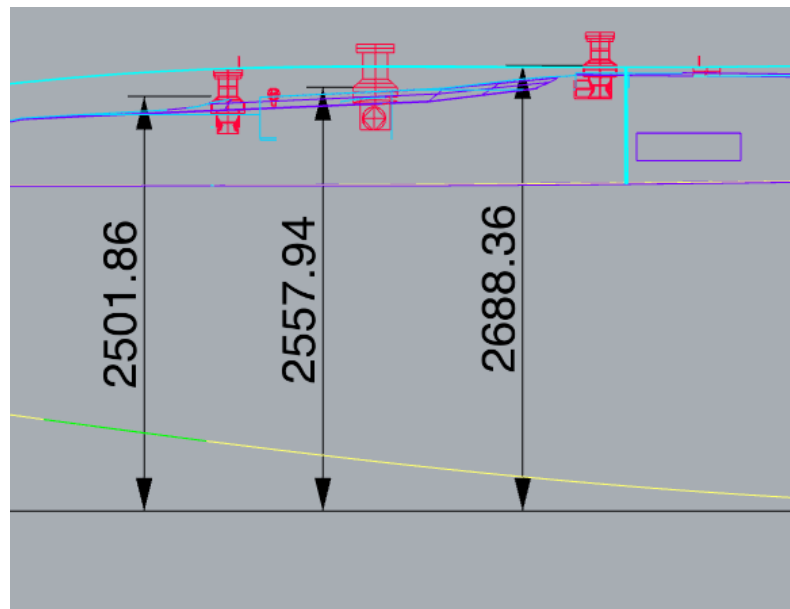


Figura 20-21 Esquema medidas c.d.g.

2.7 Maquinaria

Analizamos todos los elementos que se encuentran en cámara de máquinas. Los cálculos se harán de forma directa con los pesos obtenidos en los correspondientes catálogos y las medidas de los respectivos planos de disposición, expresándolo en la tabla siguiente tabla:

7. MAQUINARIA	Weight	LCG	TCG	VCG	W * LCG	W * TCG	W * VCG
Motor	558,00	6,46	0,00	0,31	3604,68	0,00	172,98
Hélice	40,00	3,16	0,00	0,40	126,40	0,00	16,00
Eje hélice	40,00	6,30	0,00	0,05	252,00	0,00	2,00
Baterías	80,00	7,06	-0,77	0,50	564,80	-61,60	40,00
Apoyo motor	22,00	6,46	0,00	0,10	142,12	0,00	2,20
Arbotante	25,00	5,26	0,00	0,50	131,50	0,00	12,50
Calentador	55,00	9,85	-0,26	0,01	541,75	-14,30	0,28
Bombas	40,00	10,06	0,82	0,08	402,40	32,80	3,20
Potabilizadora	55,00	8,66	-0,30	0,28	476,30	-16,50	15,40
Cableado	100,00	6,46	0,00	0,30	646,00	0,00	30,00
Climatizador	55,00	8,31	1,10	0,38	457,05	60,50	20,90
Ventilador	25,00	6,36	0,00	1,50	159,00	0,00	37,50
Aislamiento	150,00	6,46	0,00	0,65	969,00	0,00	97,50
Equipamiento	55,00	7,26	0,00	0,30	399,30	0,00	16,50
Otros	65,00	10,46	0,00	0,05	679,90	0,00	3,25
Total	1365,00	7,00	0,00	0,34	9552,20	0,90	470,21

Tabla 20. Detalle de los pesos y c.d.g de la sección maquinaria

2.8 Gobierno

Consideraremos todos los elementos de gobierno en esta sección.

Los LCG ya son números altos ya que estamos en la zona de mas a popa con pesos puntuales.

8. GOBIERNO	Cantidad	Weight	LCG	TCG	VCG	W * LCG	W * TCG	W * VCG
Equipo de gobierno	1	115,00	7,32	-0,02	0,33	841,80	-2,30	37,95

Equipos de navegación	1	175,00	7,60	0,01	0,70	1330,00	1,75	122,50
Mecha + refuerzo limera	1	10,00	3,10	0,00	0,81	31,00	0,00	8,10
Total		300,00	7,34	0,00	0,56	2202,80	-0,55	168,55

Tabla 21 Detalle de los pesos y c.d.g de la sección gobierno

2.9 Seguridad

En cuanto a la seguridad recurrimos a Capymar y su catálogo de elementos de seguridad para barcos de zona 1 lo que equivale a una antigua categoría de navegación, la clase A, que sería la categoría del barco.

Los pesos de estos elementos lo mejor es situarlos en torno al mástil, ya que si podemos elegir como en este caso, mejor no influir en el asiento poniéndolos en los extremos de proa o popa.

Aunque el barco está diseñado para 10 personas, estableceremos el máximo de personas que pueden ir a bordo como las 12 que nos permite el convenio SERVIMAR, sin incluir la tripulación profesional.

Además, en los nuevos certificados de navegabilidad que se expiden a partir del 1 de enero del 2011, no se indica el número máximo de personas que pueden ir a bordo, si bien es responsabilidad del patrón respetar lo que diga el Certificado de Conformidad al respecto en relación con el material de seguridad que se tenga a bordo.

Seguiremos la normativa española ORDEN FOM/1144/2003, para el cálculo.

2.9.1 Balsas

Todas las embarcaciones que naveguen dentro de las Zonas de Navegación 1,2 y 3, deberán llevar una o varias balsas salvavidas para el total de las personas permitidas a bordo. Las características de la/s balsa/s (marca, modelo, número de serie, número de personas) deberán indicarse en el Certificado de Navegabilidad.

2.9.2 Chalecos y aros salvavidas

Las embarcaciones que naveguen en la Zona 1 llevarán como mínimo un chaleco salvavidas por persona autorizada, más un 10% del total, 12+2 chalecos en nuestro caso. Además tendrá que llevar dos aros salvavidas uno de ellos con luz y rabiza.



Peso: 1 kg

Detalles: Chaleco Atlantic-1, homologado IMO-SOLAS para la navegación

Figura 22 Detalle chaleco salvavidas

2.9.3 Ancla y cadena

ESLORA (m)	Peso del Ancla (kg)	Diámetro de cadena (mm)	Diámetro de estacha (mm)
L = 3	3,5	6	10
L = 5	6	6	10
L = 7	10	6	10
L = 9	14	8	12
L = 12	20	8	12
L = 15	33	10	14
L = 18	46	10	14
L = 21	58	12	16
L = 24	75	12	16

Figura 22. Peso de ancla, diámetro de cadena y estacha.

9. SEGURIDAD	Cantidad	Weight	LCG	TCG	VCG	W * LCG	W * TCG	W * VCG
Ancla	1	46,00	17,86	0,00	2,30	821,56	0,00	105,80
cadena	1	240,00	17,36	0,00	0,73	4166,40	0,00	175,20
Molinete	1	15,50	17,66	0,00	2,30	273,73	0,00	35,65
Extintores CO2	4	40,00	8,26	0,00	0,40	330,40	0,00	16,00
Chalecos	14	14,00	10,20	0,13	0,86	142,80	1,82	12,04
Balsas	1	11,50	0,84	0,00	0,86	9,66	0,00	9,89
Botiquín	2	20,00	10,00	0,00	0,86	200,00	0,00	17,20
Seguridad varios	1	15,00	10,20	-0,11	0,86	153,00	-1,65	12,90

Total	402,00	15,17	0,00	0,96	6097,55	0,17	384,68
-------	--------	-------	------	------	---------	------	--------

Tabla 22 Detalle de los pesos y c.d.g de la sección Seguridad

2.10 Apéndices

Una de las secciones de mayor importancia es la orza, debido a que es la que mayor peso aporta al rosca. Todos los vcg de los elementos de la orza estarán claramente por debajo de la línea base y, al ser la parte que más peso aporta al buque, desplazará a la componente vertical del buque por debajo de la flotación.

10. APÉNDICES	Cantidad	Weight	LCG	TCG	VCG	W * LCG	W * TCG	W * VCG
Orza(Bulbo+Sable)	1	7354,00	9,75	0,00	-1,04	71672,08	0,00	-7648,16
Timón	1	50,00	2,68	0,00	-0,37	134,00	0,00	-18,65
Total		7404,00	9,70	0,00	-1,04	71806,08	0,00	-7666,81

Tabla 23 Detalle de los pesos y c.d.g de la sección apéndices

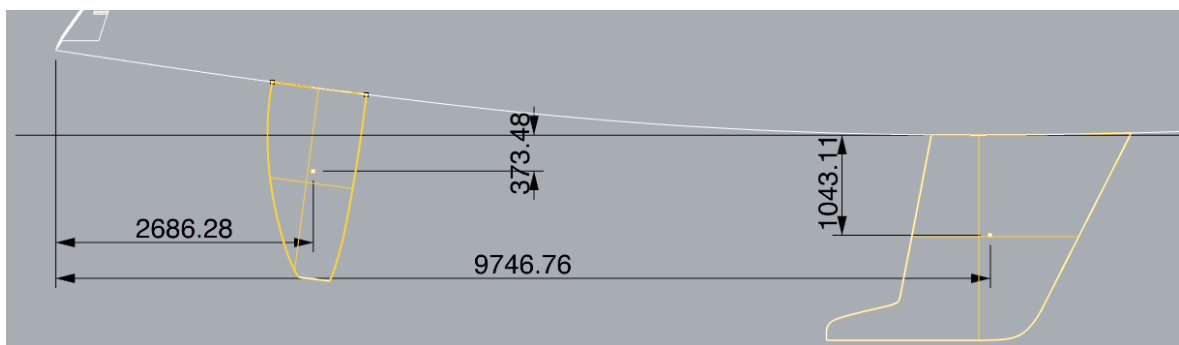


Figura 23. Esquema medidas c.d.g.

En este apartado es muy importante fijarse en la simetría de elementos, ya que una mínima componente transversal nos haría escorar el buque en un supuesto estado de equilibrio.

2.11 Velas

Podemos comprobar en la normativa que para el cálculo del rosca es necesario incluir las velas en posición de estiva, ya que en un barco de vela son parte del material necesario.

11.VELAS	Cantidad	Weight	LCG	TCG	VCG	W * LCG	W * TCG	W * VCG
Mayor	1	65,00	15,50	0,00	0,88	1007,50	0,00	57,20
Génova	1	15,00	15,50	0,00	0,88	232,50	0,00	13,20
Spinakker	1	10,00	15,50	0,00	0,85	155,00	0,00	8,50
Tormentin	1	5,00	15,50	0,00	0,85	77,50	0,00	4,25
Total		95,00	15,50	0,00	0,88	1472,50	0,00	83,15

Tabla 24 Detalle de los pesos y c.d.g de la sección velas

2.12 Interior

Se calcularán los pesos de los elementos de equipamiento para cada uno de los habitáculos, y su posición se calculará en el plano de disposición general.

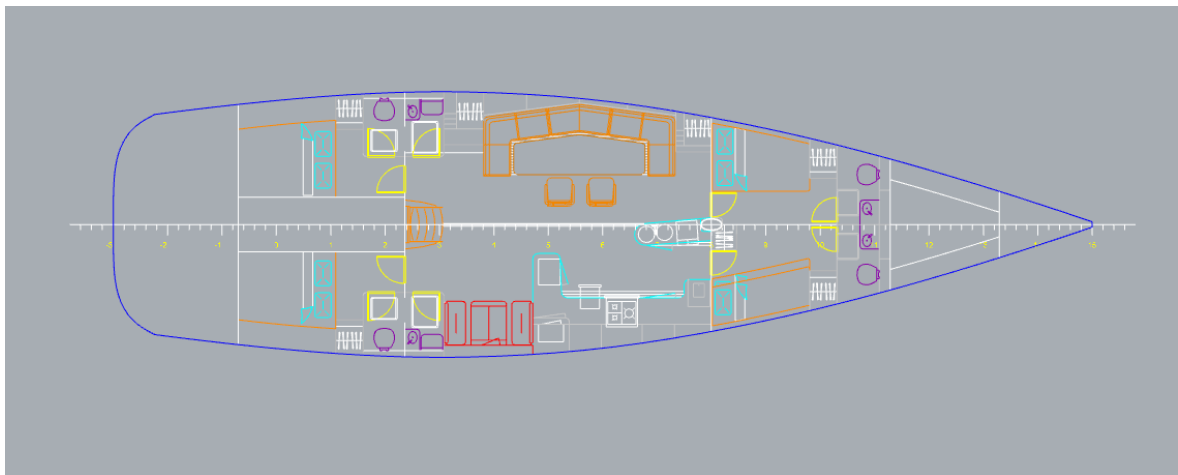


Figura 24. Esquema medidas c.d.g.

Se desglosa a continuación:

14. INTERIOR	Cantid.	Weight	LCG	TCG	VCG	W * LCG	W * TCG	W * VCG
Camarote Br popa	1,00	93,00	3,40	1,00	1,70	316,20	93,00	158,10
Camarote Er popa	1,00	93,00	3,40	-1,00	1,70	316,20	-93,00	158,10
Camarote Br proa	1,00	87,00	12,00	0,90	0,70	1044,00	78,30	60,90
Camarote Er proa	1,00	87,00	12,00	-0,90	1,20	1044,00	-78,30	104,40
Baño Br popa	1,00	54,00	5,40	1,70	1,70	291,60	91,80	91,80
Baño Er popa	1,00	54,00	5,40	-1,70	1,70	291,60	-91,80	91,80
Baño Br proa	1,00	43,00	13,80	0,50	0,80	593,40	21,50	34,40
Baño Er proa	1,00	43,00	13,80	-0,50	0,80	593,40	-21,50	34,40
Zona de navegacion	1,00	120,00	7,60	-1,80	0,70	912,00	-216,00	84,00

Salon	1,00	150,00	7,60	1,70	0,80	1140,00	255,00	120,00
Comedor	1,00	130,00	10,00	1,30	0,86	1300,00	169,00	111,80
Cocina	1,00	125,00	10,00	-1,30	1,20	1250,00	-162,50	150,00
Aislamiento interno	1,00	315,00	9,58	0,00	1,40	3017,70	0,00	441,00
Escaleras	1,00	28,00	5,80	0,00	1,30	162,40	0,00	36,40
Mamparos habitación	1,00	210,00	8,40	0,00	1,18	1764,00	0,00	247,80
Total		1632,00	8,60	0,03	1,18	14036,50	45,50	1924,90

Tabla 25 Detalle de los pesos y c.d.g de la sección interior

3 Peso en rosca

Compuesto de todos los elementos calculados anteriormente menos los consumibles, se obtiene el siguiente resultado:

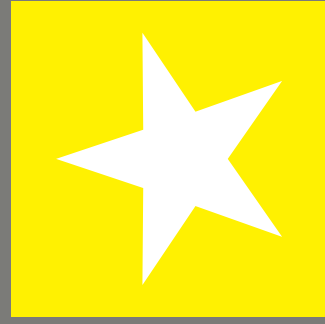
N° sección	Descripción	Peso	LCG	TCG	VCG	W * LCG	W * TCG	W * VCG
		<i>kg</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>kg.m</i>	<i>kg.m</i>	<i>kg.m</i>
Sec.01	Casco	2353,00	7,88	0,00	0,70	18550,70	0,00	1636,87
Sec.02	Cubierta	1944,00	8,49	0,00	1,64	16510,62	0,00	3185,30
Sec.03	Rig	967,34	9,89	0,00	10,71	9571,63	0,00	10363,82
Sec.04	Escotillas	26,00	11,52	0,00	2,28	299,54	0,00	59,40
Sec.05	Railes	110,00	8,55	0,00	2,21	940,40	0,00	243,60
Sec.06	Winches	159,80	4,83	0,00	2,54	772,25	0,00	405,16
Sec.07	Maquinaria	1365,00	7,00	0,00	0,34	9552,20	0,90	470,21
Sec.08	Gobierno	300,00	7,34	0,00	0,56	2202,80	-0,55	168,55
Sec.09	Seguridad	402,00	15,17	0,00	0,96	6097,55	0,17	384,68
Sec.10	Apéndices	7404,00	9,70	0,00	-1,04	71806,08	0,00	-7666,81
Sec.11	Velas	95,00	15,50	0,00	0,88	1472,50	0,00	83,15
Sec.12	Interior	1632,00	8,60	0,03	1,18	14036,50	45,50	1924,90
Subtotal		16758,14	9,06	0,00	0,67	151812,78	46,02	11258,82
Corrección(5%)		837,91						
Total		17596,05	9,49	0,00	0,70	166994,06	50,62	12384,70

4 Bibliografía

- "A Toda Vela", Ian Nicolson.
- "Boat Mechanical Systems Handbook", Dave Gerr.
- "Cómo evaluar un yate", Joachim F. Muhs.
- "Designed to Cruise", Roger Marshall.
- "Desirable and Undesirable Characteristics of Offshore Yachts"
- "Elements of Yacht Design", Norman L. Skene.
- "Las Velas, comprensión, trimado y optimización", Bertrand Chéret.
- "Manual de maniobra", Eric Tabarly.
- "Proyectos de embarcaciones deportivas a vela", Joaquín Coello y Pedro Morales.
- "Sail Performance, Theory and Practice", C.A. Marchaj.
- "Sailing Yacht Design", Douglas Phillips Birt.
- "Sailing Yacht Design", Robert G. Henry y Richards T. Miller.
- "Sailmaker's Apprentice", Emiliano Marino.
- "Sails", Jeremy Howard Williams.
- "Seaworthiness, the forgotten Factor",

ANEXO I

En el se incluye el catálogo de cabos Alpha con las tablas utilizadas para el cálculo de longitudes y espesores, así como los cabos recomendados para cada función



ALPHAROPES

**D-Core 75****Construction**

12 strand coated Dyneema®
Sk 75 core

Features and Uses

Very Lightweight, excellent UV Resistance

Loops, various applications

Colors

White, grey, black.
Other colors on
demand.

Diameters *mm inches*

2 to 24
1/12" to 1"

D-Core 75 XTM**Construction**

Highly pre-stretched 12
strand coated Dyneema®
Sk 75 core

Features and Uses

Lightweight, extremely low stretch

Purchase systems, loops etc.

Colors

White, grey, black.
Other colors on
demand.

Diameters *mm inches*

3 to 10
1/8" to 3/8"

D-Core 78**Construction**

12 strand coated
Dyneema® Sk 78 core

Features and Uses

- Lightweight, very low creep

Purchase systems with high static loads.

Colors

White, grey, black with
blue yarn. Other colors on
demand.

Diameters *mm inches*

2 to 24
1/12" to 1"

D-Core 78 XTM**Construction**

Highly pre-stretched 12
strand coated Dyneema®
Sk 78 core

Features and Uses

Extreme low stretch, very low creep

Backstays, halyards in hydraulic systems

Colors

White, grey, black with
blue yarn. Other colors on
demand.

Diameters *mm inches*

3 to 10
1/8" to 3/8"

D-Core 90 ★ NEW**Construction**

12 strand coated
Dyneema® Sk 90 core

Features and Uses

Lightweight, excellent UV Resistance

High dynamical load applications, strops etc.

Colors

White, grey, black with
red yarn. Other colors on
demand.

Diameters *mm inches*

2 to 24
1/12" to 1"

D-Core 90 XTM ★ NEW**Construction**

Highly pre-stretched 12
strand coated Dyneema®
Sk 90 core

Features and Uses

Lightweight, maximum low stretch

Extreme load uses, backstays and cascade systems
etc.

Colors

White, grey, black with
red yarn. Other colors on
demand.

Diameters *mm inches*

3 to 10
1/8" to 3/8"

V-Core**Construction**

12 strand coated Vectran® core

Features and Uses

Low creep, low stretch

Rudder systems

Colors

Beige

Diameters *mm inches*

3 to 20
1/8" to 1"

Z-Core**Construction**

12 strand coated Zylon
core®

Features and Uses

Extreme low stretch, extreme High Loads

Loops rudder systems

*Very technical rope. Please ask us for advice.


Colors


Black

Diameters *mm inches*


3 to 20
1/8" to 1"

Skincover PES





Skincover Kmix





★ NEW

Skincover Kmix Special







Skincover Kmix Kv







Skincover Kmix Tn







Skincover Kmix Vt






Skincover Kmix PBO





★ NEW

Skincover PBO Vt



Skincover Vectran



Skincover PBO



Skincover Dyneema



★ NEW

Skincover Plus

Construction

32 Plait core, 100% High Tenacy Polyester cover

Construction

32 Plait core, Mix HT Polyester / Cordura® cover

Construction

32 Plait core, Mix HT Polyester / Dyneema® / Cordura® cover

Construction

32 Plait core, Mix HT Polyester / Kevlar® cover

Construction

32 Plait core, Mix HT Polyester / Technora® cover

Construction

32 Plait core, Mix High Tenacy Polyester / Vectran® cover

Construction

32 Plait core, Mix HT Polyester / Zylon® cover

Construction

32 Plait core, Mix Zylon® / Vectran® cover

Construction

32 Plait core, 100% Vectran® cover

Construction

32 Plait core, 100% Zylon® cover

Construction

32 Plait core, 100% Dyneema® Sk75 cover

Features and Uses

All round

Features and Uses

All round, extremely nice grip

Features and Uses

Nice grip, good abrasion resistance

Features and Uses

Excellent heat resistance, nice grip

Features and Uses

Excellent heat resistance, nice grip

Features and Uses

Good heat resistance, nice grip on the jammers

Features and Uses

High heat resistance, very smooth control

Features and Uses

Extreme high heat resistance, extreme durability

Uses

Extreme high heat resistance, extreme durability

Features and Uses

Extreme high heat resistance, extreme durability

Features and Uses

Extreme high abrasion and UV resistance

Features and Uses

Excellent to cover continues chafe points in halyards or sheets.

Colors

Mix grey, Red, Green, Blue, Black, Yellow. Other solid colors on demand.

Colors

Mix grey + White, Red, Green, Blue, Black, Yellow

Colors

Mix grey/ white, red, green, blue, black, yellow. Other solid colors on demand.

Colors

Mix yellow, white, red, green, blue, black, grey

Colors

Mix black, red, green, blue, yellow, grey

Colors

Mix beige, red, green, blue, black, grey

Colors

Mix brown, red, green, blue, black, grey

Colors

Mix brown, beige

Colors

Beige

Colors

Brown

Colors

White

Diameters mm inches

4 to 7 / 1/8" to 7/32"
8 to 11 / 5/16" to 7/16"
12 to 15 / 1/2" to 5/8"
16 to 20 / 5/7" to 7/8"

Diameters mm inches

4 to 7 / 1/8" to 7/32"
8 to 11 / 5/16" to 7/16"
12 to 15 / 1/2" to 5/8"
16 to 20 / 5/7" to 7/8"

Diameters mm inches

4 to 7 / 1/8" to 7/32"
8 to 11 / 5/16" to 7/16"
12 to 15 / 1/2" to 5/8"
16 to 20 / 5/7" to 7/8"

Diameters mm inches

4 to 7 / 1/8" to 7/32"
8 to 11 / 5/16" to 7/16"
12 to 15 / 1/2" to 5/8"
16 to 20 / 5/7" to 7/8"

Diameters mm inches

4/ 7 / 1/8" to 7/32"
8/11 / 5/16" to 7/16"
12/ 15 / 1/2" to 5/8"
16/ 20 / 5/7" to 7/8"

Diameters mm inches

4 to 7 / 1/8" to 7/32"
8 to 11 / 5/16" to 7/16"
12 to 15 / 1/2" to 5/8"
16 to 20 / 5/7" to 7/8"

Diameters mm inches

4 to 6 / 5/32" to 9/32"
8 to 10 / 5/16" to 3/8"
12 to 14 / 1/2" to 9/16"
16 to 20 / 5/8" to 13/16"

Diameters mm inches

4 to 7 / 1/8" to 7/32"
8 to 11 / 5/16" to 7/16"
12 to 15 / 1/2" to 5/8"
16 to 20 / 5/7" to 7/8"

Diameters mm inches

4 to 7 / 1/8" to 7/32"
8 to 11 / 5/16" to 7/16"
12 to 15 / 1/2" to 5/8"
16 to 20 / 5/7" to 7/8"

Diameters mm inches

4 to 7 / 1/8" to 7/32"
8 to 11 / 5/16" to 7/16"
12 to 15 / 1/2" to 5/8"
16 to 20 / 5/7" to 7/8"

Diameters mm inches

4 to 7 / 1/8" to 7/32"
8 to 11 / 5/16" to 7/16"
12 to 15 / 1/2" to 5/8"
16 to 20 / 5/7" to 7/8"

Every Skincover of our range can be made with extra thickness. It makes it less flexible but more durable and strong. If you prefer this way, please add "Plus" reference when ordering your Skincover. The diameters are (mm-inch): 4/7mm, 8/11mm, 12/15mm, 16/20mm – 1/8 to 7/32, 5/16 to 7/16, ½ to 5/8, 5/8 to 7/8 inch. These numbers are presented based on the core diameter you want to cover. The final diameter obviously depends on the core you are covering and also on your Skincover or Skincover plus choice. Example: 12mm - ½ inch core– choose Skincover 12/14mm – ½ / 5/8 inch.



Standard Diameters mm/inches	100% HT Polyester 4 to 24mm / 5/32" to 1"	HT Polyester + Cordura® 5 to 16mm / 3/16" to 5/8"	HT Polyester + Dyneema® Sk 75 5 to 14mm / 3/16" to 9/16"	HT Polyester + Kevlar 6 to 24mm / 1/4" to 1"
------------------------------	--	--	---	---

Colors	Mix Grey, Black, Royal Blue, Navy blue, Red, Green, Orange and Yellow			
--------	---	--	--	--

24 Plait Cover				
----------------	---	---	--	---

Coated 12 strands core

Dyneema Sk 75 	D-Cup All Round, halyards, sheets and control lines	D-Cup Kmix All Round, halyards, sheets and control lines	D-Cup Kmix Special Sheets and control lines	D-Cup Kmix Kv Halyards and sheets
Dyneema Sk 75 XTM 	D-Cup XTM Halyards	D-Cup XTM Kmix Halyards, guys and runners	D-Cup XTM Kmix Special Sheets	D-Cup XTM Kmix Kv Runners, afterguys and halyards
Dyneema Sk 78 	D-Cup 78 Main and jib halyards	D-Cup 78 Kmix Runners, afterguys and jib halyards	D-Cup 78 Kmix Special Afterguys	D-Cup 78 Kmix Kv Runners, afterguys and jib halyards
Dyneema Sk 78 XTM 	D-Cup 78 XTM High performance main and jib halyards	D-Cup 78 XTM Kmix Jib halyards	D-Cup 78 XTM Kmix Special Jib halyards	D-Cup 78 XTM Kmix Kv Halyards, runners and afterguys
Dyneema Sk 90 	D-Cup 90 High load all round uses	D-Cup 90 Kmix Runners, sheets for extreme use	D-Cup 90 Kmix Special Runners, sheets for extreme use	D-Cup 90 Kmix Kv Halyards and afterguys
Dyneema Sk 90 XTM 	D-Cup 90 XTM Braces, tackline, halyards	D-Cup 90 XTM Kmix Braces, tackline, halyards	D-Cup 90 XTM Kmix Special Braces and halyards	D-Cup 90 XTM Kmix Kv Braces, tackline, halyards
Vectran 	V-Cup Halyards and afterguys	V-Cup Kmix Halyards and afterguys	V-Cup Kmix Special Halyards and afterguys	V-Cup Kmix Kv Halyards, afterguys and tacklines
Zylon (PBO) 	Z-Cup Due to the very sensitive characteristics of the PBO core, these products must be used in the right place and on the appropriate way.	Z-Cup Kmix	Z-Cup Kmix Special	Z-Cup Kmix Kv

**HT Polyester + Technora®**

6 to 24mm / 1/4" to 1"

Mix Grey, Black, Royal Blue, Navy blue, Red, Green, Orange and Yellow

**HT Polyester + Vectran®**

6 to 24mm / 1/4" to 1"

**HT Polyester + PBO**

6 to 24mm / 1/4" to 1"

mix gold/standard colors

**Vectran® + PBO**

6 to 24mm / 1/4" to 1"

Gold/Beige

**100% PBO**

6 to 24mm / 1/4" to 1"

Solid Gold

**D-Cup Kmix Tn**

Halyards and sheets

D-Cup Kmix Vt

Halyards and sheets

D-Cup Kmix PBO

Sheets

D-Cup Vt / PBO

Extreme load Runners and Sheets

D-Cup PBO

Extreme load Runners and Sheets

D-Cup XTM Kmix Tn

Runners, afterguys and halyards

D-Cup XTM Kmix Vt

Runners, afterguys and halyards

D-Cup XTM Kmix PBO

Runners, sheets for extreme use

D-Cup XTM Vt / PBO

Runners, halyards and tackline

D-Cup XTM PBO

Runners, halyards and tackline

D-Cup 78 Kmix Tn

Runners, afterguys and jib halyards

D-Cup 78 kmix Vt

Runners, afterguys and jib halyards

D-Cup 78 Kmix PBO

Braces and runners

D-Cup 78 Vt / PBO

Braces and runners

D-Cup 78 PBO

Extreme load braces and runners

D-Cup 78 XTM Kmix Tn

Halyards, runners and afterguys

D-Cup 78 XTM Kmix Vt

Halyards, runners and afterguys

D-Cup 78 XTM Kmix PBO

High load runners, afterguys and sheets

D-Cup 78 XTM Vt / PBO

High load runners, afterguys and sheets

D-Cup 78 XTM PBO

High load runners, afterguys and sheets

D-Cup 90 Kmix Tn

Halyards and afterguys

D-Cup 90n Kmix Vt

Halyards and sheets

D-Cup 90 Kmix PBO

Runners, sheets for extreme use

D-Cup 90 Vt / PBO

Extreme load runners and sheets

D-Cup 90 PBO

Extreme load runners and sheets

D-Cup 90 XTM Kmix Tn

Braces, tackline, halyards

D-Cup 90 XTM Kmix Vt

Braces, tackline, halyards

D-Cup 90 XTM Kmix PBO

Extreme load braces and runners

D-Cup 90 XTM Vt / PBO

Extreme load braces and runners

D-Cup 90 XTM PBO

Extreme load Braces and Runners

V-Cup Kmix Tn

Halyards, afterguys and tacklines

V-Cup Kmix Vt

Halyards, afterguys and tacklines

V-Cup Kmix PBO

High load braces with grippy winches

V-Cup Vt / PBO

High load braces with grippy winches

V-Cup PBO

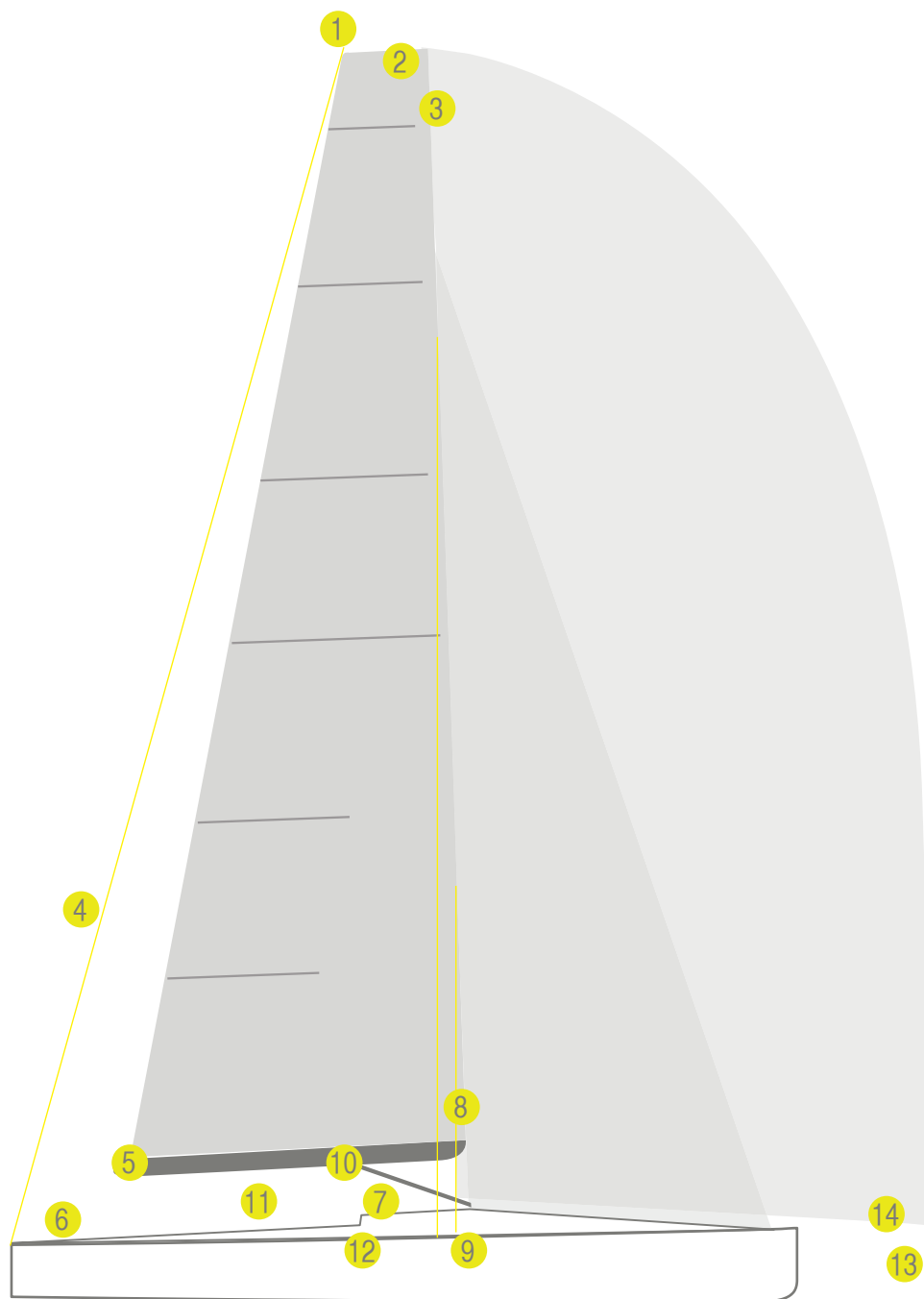
High load braces with grippy winches

Z-Cup Kmix TnPlease contact us on email info@alpha-ropes.com**Z-Cup Kmix Vt****Z-Cup Kmix PBO****Z-Cup Vt / PBO****Z-Cup PBO**

PRO RACE

Breaking Loads





1 Main Halyard

D-Cup 78
D-Cup 78 Kmix Tn

2 Genoa Halyard

D-Cup 78 XTM Kmix Tn
D-Cup 78 XTM Kmix Vt
D-Cup 90 XTM

3 Spinnaker / Gennaker Halyard

D-Cup Kmix
D-Cup Kmix Kv

4 Backstay / Runner

D-Cup 78 XTM Kmix Tn
D-Cup 90 Kmix PBO
D-Cup 90 XTM PBO

5 Boom Downhaul

D-Core 75 XTM
D-Cup Kmix

6 Mainsheet

D-Cup PBO
D-Cup Kmix PBO
D Cup Kmix Tn

7 Boom Vang

D-Core 75 XTM
D-Cup Kmix

8 Cunningham

D-Core 75 XTM
D-Cup Kmix

9 Genoa Sheet

D-Cup Kmix Vt
D-Cup Kmix Tn
D-Cup Kmix PBO

10 Spinnaker / Gennaker Sheet

D-Cup Kmix Vt
D-Cup Kmix Tn
D-Cup Kmix PBO

11 Guys

D-Cup XTM Kmix PBO
D-Cup XTM Kmix Tn

12 Outhall

D-Core 78 XTM
D-Core 90 XTM
D-Cup Kmix

13 Spi down hauler

D-Cup Kmix
D-Cup

14 Spi topping lift

D Cup Kmix Kv
D Cup Kmix

15 Mooring line

Mooring

BREAKING LOADS

PRO RACE

[Guidelines for Ropes dimensions]

Main Halyard	Mast lengh x 2,5
Main Halyard double	Mast lengh x 3,5
Genoa/ Jib Halyard	Mast lengh x 2
Main Halyard double	Mast lengh x 2,5
Spinnaker Halyard	Mast lengh x 2,5
Spinnmaker Sheet/ Guy	Mast lengh x 2,5
Jib Sheet	Mast lengh x 0,5
Genoa Sheet	Mast lengh x 1
Main Sheet	Mast lengh x 2,5
Reef 1	Mast lengh x 2,5
Reef 2	Mast lengh x 3
Cunningham	Mast lengh x 1
Kicking Strap	Mast lengh x 2
Main Outhaul	Mast lengh x 2
Mooring	Mast lengh x 0,5

Metric System

[Suggested Diameters						mm]
Description	less 25ft	25ft to 30ft	31ft to 40ft	41ft to 55ft	55ft plus	
Main Halyard	7	7	7	10/12	12/14	
Genoa/ Jib Halyard	6	6/ 7	8	10	12/ 14	
Spinnaker Halyard	6	6	7	8/ 9	10/ 12	
Top Lift	6	8/ 10	7	8	10/ 12	
Main Sheet	8	8	10	10/ 12	12/ 14	
Genoa/ Jib Sheet	8	8	10	10/ 12	12/ 14	
Spinnmaker Sheet	7	7	8	10	12	
Spinnmaker Guy				10	12/ 14	

[Breaking Strength

Kg]

		2mm	3mm	4mm	5mm	6mm	7mm	8mm	9mm	10mm	12mm	14mm	16mm
Z-Core	gr/ mt	x	8	14	25	33	48	65	79	97	148	186	246
	Kg	x	1.650	2.000	3.100	5.600	6.500	8.500	9.300	14.600	16.500	18.500	25.000
V-Core	gr/ mt	x	7	12	23	30	43	59	72	88	134	168	223
	Kg	x	580	1.450	2.450	3.460	5.100	6.000	7.500	8.700	12.000	15.100	18.500
D-Core	gr/ mt	3	5	9	17	25	31	41	51	61	93	125	165
	Kg	370	700	1.500	3.000	4.000	5.200	7.450	7.600	9.500	13.000	16.000	20.500
D-Core 78	gr/ mt	3	5	9	16	21	30	41	50	61	93	117	155
	Kg	381	721	1.545	3.090	4.120	5.356	6.644	7.828	9.785	13.390	16.480	21.115
D-Core 90	gr/ mt	3	6	10	18	24	35	47	58	70	107	135	178
	Kg	457	900	1854	3500	4800	6.400	7.800	9.000	11.000	15.500	19.000	25.000
D-Core 75 XTM	gr/ mt	x	7.4	12	18	25	34	45	57	68	x	x	x
	Kg	x	840	2.300	3.600	4.425	6.600	7.740	9.120	11.400	x	x	x
D-Core 78 XTM	gr/ mt	x	7.4	12	18	25	34	45	57	68	x	x	x
	Kg	x	865	2.369	3.708	4.558	6.798	7.972	9.394	11.742	x	x	x
D-Core 90 XTM	gr/ mt	x	9	12	21	29	40	53	67	80	x	x	x
	Kg	x	1.008	2.760	4.320	5.310	7.920	9.288	10.944	13.680	x	x	x
Z-Cup and Kmix	gr/ mt	x	x	x	30	34	44	64	83	100	155	209	284
	Kg	x	x	x	1.800	2.500	3.200	4.100	6.000	8.100	10.500	16.000	18.000
V-Cup and Kmix	gr/ mt	x	x	x	27	30	40	57	74	90	139	188	255
	Kg	x	x	x	1.160	1.340	1.900	2.800	3.800	5.200	7.800	10.600	13.100
D-Cup and Kmix	gr/ mt	x	x	x	19	22	28	48	52	64	95	132	172
	Kg	x	x	x	1.200	1.500	1.800	2.600	3.600	4.800	7.200	9.000	12.500
D-Cup 78 and Kmix	gr/ mt	x	x	x	19	22	28	48	52	63	98	132	179
	Kg	x	x	x	1.220	1.530	1.840	2.700	3.690	4.900	7.300	9.200	12.650
D-Cup 90 and Kmix	gr/ mt	x	x	x	22	26	33	56	61	74	115	154	209
	Kg	x	x	x	1.380	1.800	2.200	3.200	4.200	5.600	8.400	10.000	15.000
D-Cup 75 XTM and Kmix	gr/ mt	x	x	x	22	27	38	52	55	73	114	155	205
	Kg	x	x	x	1500	1.850	2.350	3.600	4.700	6.200	9.500	11.950	15.500
D-Cup 78 XTM and Kmix	gr/ mt	x	x	x	22	27	38	55	55	73	114	155	205
	Kg	x	x	x	1500	1.900	2370	4.430	5.240	6.650	10.570	12.100	15.800
D-Cup 90 XTM and Kmix	gr/ mt	x	x	x	24	30	42	57	61	80	125	171	226
	Kg	x	x	x	1863	2.346	2.981	5.300	6.200	7.900	12.600	15.180	19.596

2014

Cuaderno 3

Diseño de las Formas

VELERO TIPO OCEÁNICO 60 PIES DE ESLORA



GRADO EN ARQUITECTURA NAVAL

Autor: **PABLO ENRIQUE GONZÁLEZ SÁNCHEZ**

Tutor: **MARCOS MÍGUEZ GONZÁLEZ**



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

PROYECTO FIN DE GRADO EN ARQUITECTURA NAVAL

CURSO 2.012-2013

PROYECTO NÚMERO 14-106

TIPO DE BUQUE: Velero tipo oceánico de 60 pies de eslora

MATERIAL DEL CASCO: Materiales compuestos

CLASIFICACIÓN , COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: Bureau Veritas, Solas, Reglamentación ISO-UNE.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Las específicas para este buque

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA : 10 nudos al 90% MCR. 350 millas.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA : Las habituales en este tipo de buques.

PROPULSIÓN : Vela + 1 motor diesel.

TRIPULACIÓN Y PASAJE : 8 tripulantes/pasajeros

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES : Un mástil y demás elementos para la navegación en este tipo de buque

Ferrol, Febrero de 2.013

ALUMNO : D:/D^a Pablo Enrique González Sánchez

OBJETIVO:

En el presente cuaderno se intentará realizar una aproximación a las formas del buque, definiendo:

- Justificación de las formas de la embarcación.
- Definición de los apéndices
- El contorno de popa y proa
- Cartilla de trazado.
- Plano de formas.
- Curva de áreas seccionales.

Los datos de partida de la embarcación son:

Eslora Total.....18,00m
Eslora Flotación.....16,31m
Manga.....4,89m
Puntal.....4,17 (2,03 sin apéndices) m
Calado2,826 (0,686 sin apéndices) m
Desplazamiento.....19865 kg
Cb.....0,416
Cp.....0,545
Cm.....0,801
Superficie Véllica.....202m²
Número de Tripulantes.....8 (2 tripulantes y 6 pasajeros)
Categoría de Navegación.....A (Oceánica)

1	INTRODUCCIÓN.....	6
1.1	JUSTIFICACIÓN DE LAS FORMAS	6
1.2	ANÁLISIS Y ADOPCIÓN DE LAS FORMAS.	7
1.2.1	<i>Plano lateral.</i>	7
1.2.2	<i>Plano de cuadernas.</i>	11
1.2.3	<i>Plano de líneas de agua</i>	16
1.2.4	<i>Forma de la proa.</i>	18
1.2.5	<i>Forma de la popa.</i>	19
2	FORMAS DEL CASCO	23
2.1	BARCO BASE	24
2.2	GENERACIÓN DE CASCO.....	27
2.3	USO DE BULBO DE PROA	32
2.4	RESUMEN.....	33
3	DISEÑO DE APÉNDICES.....	33
3.1	INTRODUCCIÓN A LA AERODINÁMICA Y GENERACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN.....	33
3.2	APLICACIÓN DE LA AERODINÁMICA A LA NAVEGACIÓN	36
3.2.1	<i>La fuerza aerodinámica lateral (Fal).</i>	38
3.3	GEOMETRÍA DE LOS APÉNDICES	42
3.4	DISEÑO DE LA ORZA	44
3.4.1	<i>Área lateral de la orza</i>	45
3.4.2	<i>Ángulo de caída de la orza</i>	46
3.4.3	<i>Relación de afinamiento.</i>	47
3.4.4	<i>Creación orza</i>	50
3.4.5	<i>Cálculo de los pernos</i>	52
3.5	DISEÑO DEL TIMÓN	56
3.5.1	<i>Perfil de timón</i>	57
3.5.2	<i>Creación del timón</i>	61
4	RESULTADOS FINALES.....	63
4.1	CÁLCULO DEL “LEAD”	67
4.1.1	<i>Cálculo del CLR, centro de resistencia lateral del casco.</i>	67
4.1.2	<i>Aplicación del “Lead”.</i>	68
5	CONCLUSIÓN	73

6 BIBLIOGRAFÍA.....	75
ANEXO I.....	
ANEXO II	

1 Introducción

1.1 Justificación de las formas

Este capítulo es uno de los temas centrales del diseño, ya que es uno de los aspectos más relevantes y complicados de la embarcación, para un buen diseño funcional se deberá tener en cuenta unos parámetros que ha de cumplir la carena:

- Poseer suficiente estabilidad por formas, para que la embarcación soporte así los efectos de la fuerza aerodinámica transversal.
- Tener un consumo de energía mínimo en la navegación, es decir, que ofrezca la menor resistencia posible al avance.
- Poseer buena resistencia a los movimientos dinámicos derivados de su uso, como son el balance, el cabeceo, la guiñada...etc.
- Dotar de habitabilidad suficiente la embarcación, es decir, tener suficiente espacio interior para todos los elementos de confort y de primera necesidad.

Para poder alcanzar los requisitos que definen una buena carena, se tendrán que optimizar parámetros como son la posición longitudinal del centro de carena, el coeficiente prismático, la superficie mojada y el desplazamiento en todas sus facetas. Un análisis y buen ajuste de estos podrá conferir a la embarcación un óptimo rendimiento.

Los barcos modernos se caracterizan por una gran manga, muy poco lanzamiento y un ángulo de entrada muy pequeño de las líneas de agua, que resultan en un cuerpo central de gran curvatura. Lo que será un gran aspecto de cara a la navegación a vela con vientos portantes y ola de popa.

El aspecto clásico del que intentamos alejarnos sería el contrario, lanzamientos importantes en proa y popa que proporciona reserva de flotabilidad, disminuye

salpicaduras sobre cubierta y evita movimientos de cabeceo mas bruscos en navegación con olas.

Es un hecho demostrado que el concepto de quilla separada del casco y timón es superior en términos de velocidad y control del barco, al concepto de quilla larga con el timón incluido, aunque este también presente alguna ventaja como tener la hélice y el timón mas protegido y dotar de un calado menor al buque para no tener que restringir su entrada en ningún puerto.

Una vez obtenidas las primeras formas de la embarcación y hechos los cálculos, lo que buscamos es modificar parámetros para conseguir un equilibrio que nos de el diseño del buque final.

1.2 Análisis y adopción de las formas.

A continuación se van a comentar diferentes formas de varias zonas o elementos del casco de un velero para analizar cuáles son las que se ajustan al programa de navegación de este yate. Va a tratar de realizarse desde varios puntos de vista resultando difícil analizar por separado cada uno de los elementos del casco.

1.2.1 Plano lateral.

El plano lateral ha sido uno de los aspectos de las formas que más han cambiado a lo largo de la historia del diseño de yates. En la siguiente figura puede verse la evolución de las formas en las últimas décadas.

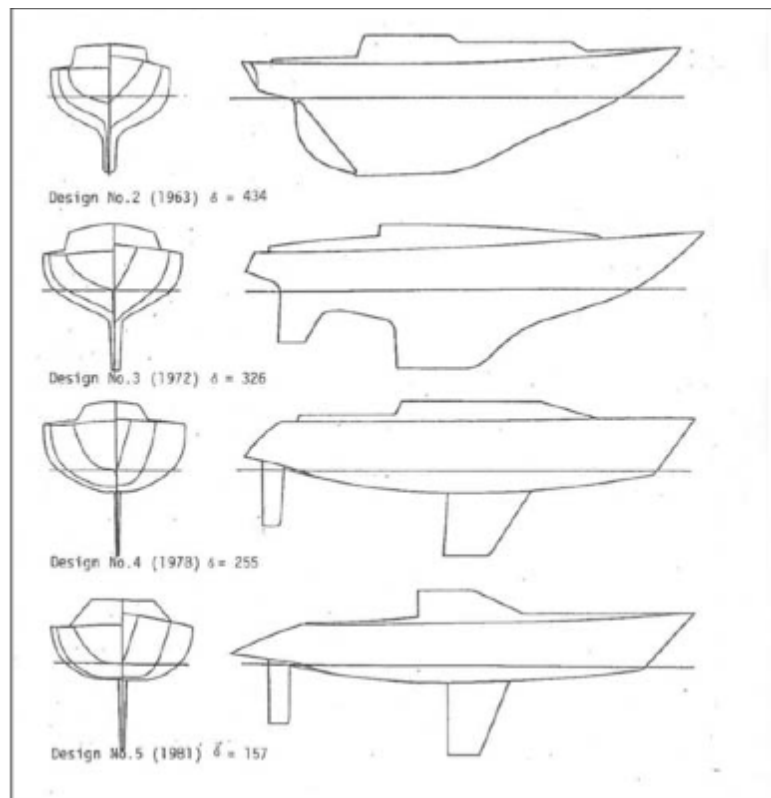


Figura 1. Evolución de las formas de los yates.

El primer modelo representa el clásico barco de quilla corrida que fue desapareciendo a finales de los años 60. Muy buena estabilidad de rumbo, adecuado para navegaciones oceánicas. Muy tranquilo al timón pero con muy poca maniobrabilidad en puerto debido al gran plano que forma la quilla y por otro lado por llevar el timón justo detrás de esta, fruto de las reglas de medición de aquella época. La distancia entre el centro del plano lateral del casco y del timón es corta reduciéndose así la maniobrabilidad.

En el segundo modelo puede verse que se ha reducido la quilla corrida eliminando parte del área lateral y separando el timón y la orza. La orza es más moderada y el timón presenta un *skeg* o talón de quilla en el codaste. Mediante este elemento a proa del timón se consigue reservar estabilidad de rumbo mientras se reduce la gran superficie mojada que presentaba el modelo anterior. De esta manera puede conseguirse mayor velocidad sin empeorar la

sustentación de la orza. Por otro lado al aumentar la distancia entre el centro del plano lateral y el timón se aumenta la maniobrabilidad.

A finales de los 70 se produce otro cambio importante. La orza, que estaba integrada en el casco (como se ve en los primeros modelos), pasa a ser un apéndice independiente de este. El desplazamiento es cada vez menor, el calado de casco desnudo es muy bajo pues la carena ya no es en “V” sino en “U”. Esta es la tendencia que se observa hoy en día. Los barcos son cada vez más ligeros, con menos desplazamiento, tratando de conseguir con esto la mayor velocidad. Las orzas son cada vez más esbeltas para aumentar su rendimiento. Tienen así muy buena maniobrabilidad a velocidades bajas pero son mucho más nerviosos al timón. Compromiso más adecuado para veleros regateros que para cruceros oceánicos.

En los últimos años, puede verse que la tendencia es la de diseñar los denominados veleros “crucero-regata” aún queriéndose vender como cruceros. Las proas son rectas para alargar la eslora de flotación y permitir alcanzar mayor velocidad. El desplazamiento es mínimo. Las orzas son muy esbeltas e incluso algunos modelos llevan bulbo como en los veleros de regata. Las popas son llenas y mangudas para ser capaces de aguantar más velamen y aumentar la habilitación interior y el espacio en la bañera.



Figura 2. Velero “crucero-regata” de hoy en día

Por tanto a la vista de este primer análisis puede decirse que las formas que mejor se adaptan al programa de este proyecto se corresponden con las del último modelo de la figura 2, velero crucero rápido como un velero de regatas pero cuyas formas más marineras le confieren una gran estabilidad de rumbo, un comportamiento en la mar más tranquilo y una maniobrabilidad buena.

En cuanto al arrufo de la cubierta este es un punto de vista más estético que funcional. Existen diferentes opciones que se pueden presentar como se ve en la siguiente figura.

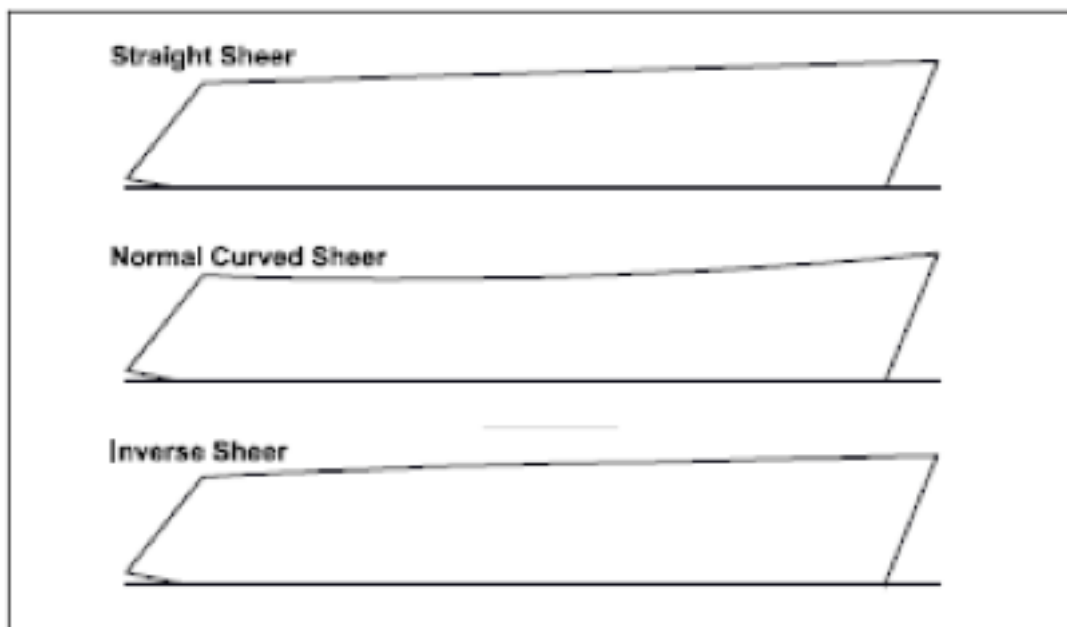


Figura 3. Diferentes arrufos de cubierta.

La tendencia en los veleros actuales es la de cubierta recta con ligera caída hacia popa como el primer ejemplo de la figura. La cubierta invertida, figura inferior, es más apropiada para los barcos a motor. La belleza de los clásicos veleros con cubierta arrufada es la más habitual en diseño de veleros tipo crucero, como es el caso del ejemplo intermedio. En esta cubierta el francobordo mínimo no está situado sobre la mitad de la eslora sino bastante

más a popa de esta. La diferencia de francobordos entre la proa y la popa será muy marcada, teniendo así la proa bastante elevación sobre el plano del agua.

En cuanto a las líneas del plano de formas, desde este punto de vista lateral, puede decirse que los veleros rápidos y de poco desplazamiento tienen los longitudinales más rectos en la zona de popa y con poca separación entre ellos pues la carena es casi plana para reducir el desplazamiento. Un barco de mayor desplazamiento como este proyecto tiene las esloras más redondeadas en la zona de popa. El ángulo de salida de la popa respecto al plano del agua debe tratar de mantenerse lo más constante posible cuando el barco escora.

1.2.2 Plano de cuadernas

El plano transversal de las cuadernas ofrece buena información de cómo es comportamiento del velero en navegación. Las formas de la maestra así como el resto de secciones transversales han evolucionado tanto o más que el perfil lateral.

Como se comenta en el cuaderno 0, uno de los factores que más han influenciado la evolución de los barcos a vela son las reglas de medición de las regatas. Las fórmulas de rating han producido que los valores de manga máxima hayan ido variando enormemente a lo largo de los años en los veleros.

Hablando de las formas de la cuaderna maestra puede decirse que la tendencia hoy en día es la de carenas planas con pantoque redondeado, donde la orza sale del casco como un apéndice. A este tipo de carenas con formas redondeadas se las denomina carena en “U”. Hace algunas décadas los veleros se diseñaban con carena en “V”. Los cascos tenían más desplazamiento, calaban más. La orza estaba integrada dentro de las formas del casco. Estas formas proporcionan un mayor desplazamiento, factor que se ha tratado de minimizar al máximo hoy en día prefiriendo aumentar prestaciones en velocidad.

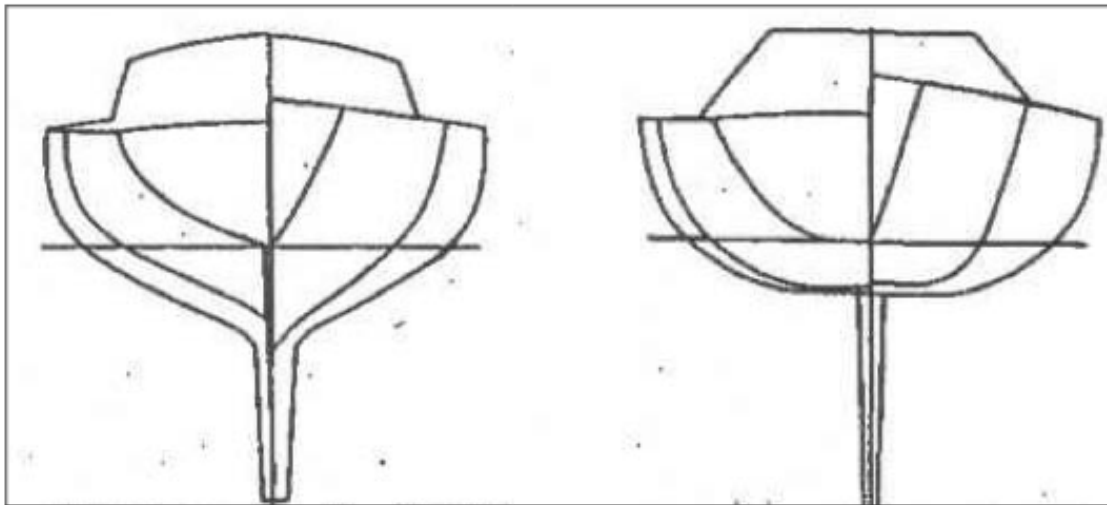


Figura 4. Carenas en “V” y en “U”.

Para veleros de regatas son preferibles las formas en “U”. Permiten una mayor estabilidad de formas aumentando la capacidad de izar más velamen con menos escora. Reducen el desplazamiento y aumentan la velocidad. Sin embargo estas formas hacen barcos menos confortables en cuanto al comportamiento en la mar, pues las aceleraciones de balance son mayores. Las carenas en “V” tienen menor estabilidad de formas, escoran más, pero sus movimientos en la mar son menos bruscos.

Las formas redondeadas son las que favorecen el máximo balance. El pequeño plano anti deriva que forma la orza en las modernas formas es el único elemento que ayuda a amortiguar este movimiento. Las formas en “V”, por el contrario, sí permiten amortiguar el balance. El flujo de fluido que recorre la carena durante el balance no es perturbado nada más que por la orza en las carenas redondeadas mientras que en las carenas en V la formación de vórtices produce una depresión tras el vértice que ayuda a frenar el movimiento.

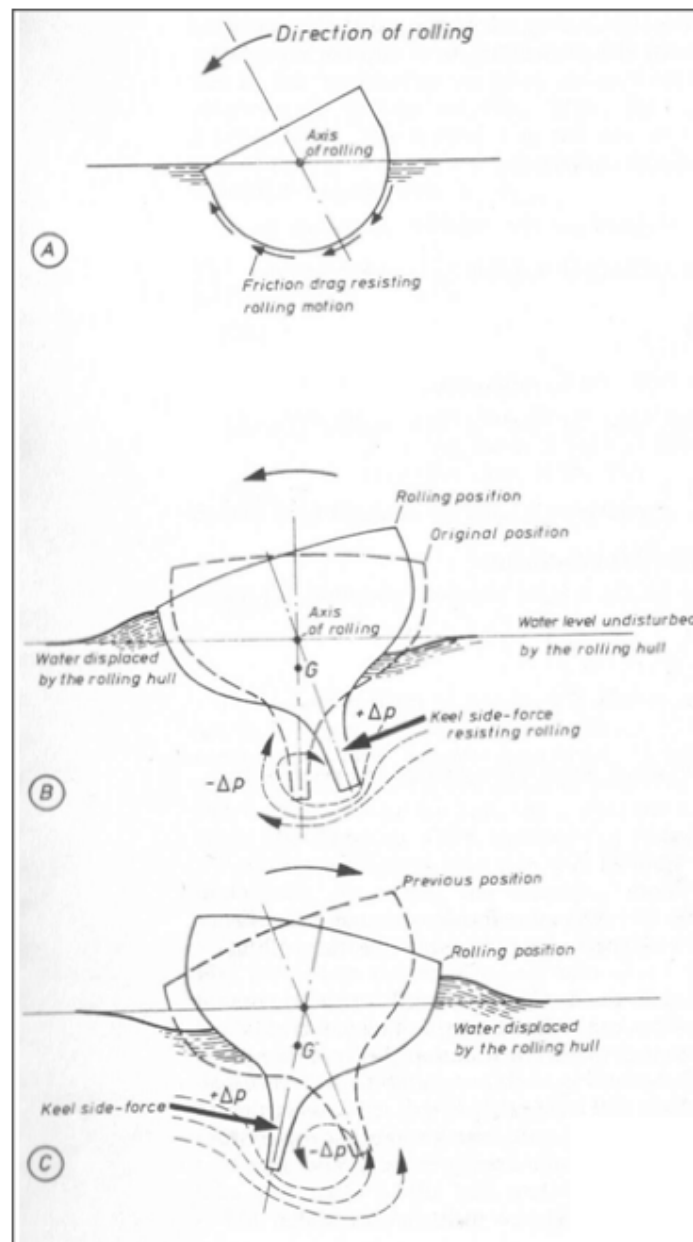


Figura 5. Amortiguación del balance en carenas en "V".

Por otro lado, en cuanto al movimiento de cabeceo, según algunas experiencias realizadas, las carenas en "V" ofrecen menores aceleraciones en esta oscilación.

En la siguiente figura se observan los efectos de las carenas en “U” y en “V” para dos calados de casco desnudo. En el eje vertical se representan los valores de aceleración como múltiplos de g. En la horizontal los valores de velocidad relativa, SLR (Speed Length Ratio) o V_r . Puede observarse que para carenas con poco calado (trazo continuo) las formas en “U” experimentan una aceleración algo mayor que las carenas en “V”. Esta diferencia de aceleraciones es bastante mayor en caso de cascos de mayor calado (trazo discontinuo) en donde puede verse la poca aceleración que experimenta en el caso de carena en “V”.

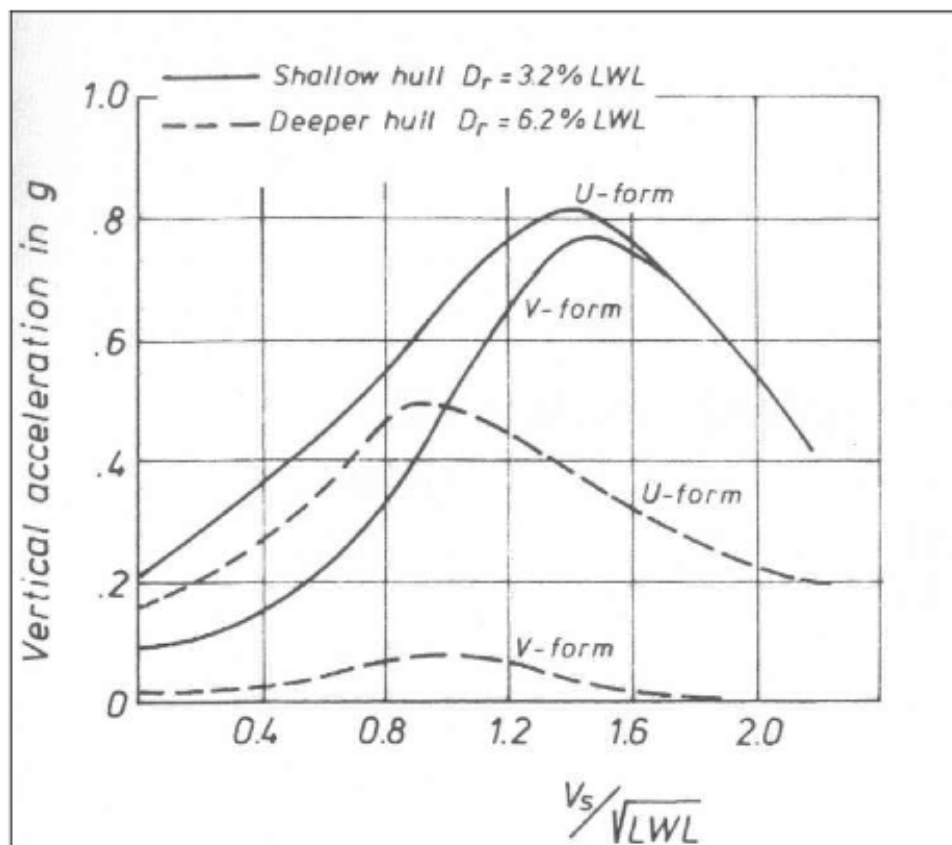


Figura 6. Aceleraciones de cabeceo para carenas en “U” y en “V” según dos calados diferentes

Para un velero que no se va a dedicar a las regatas y en el que predomina el confort frente a la velocidad las formas que más se ajustan a su programa son las de cuadernas en “V” y un mayor calado. Por otro lado debe comentarse que la adopción de estas formas presenta el inconveniente de que las formas sumergidas con la carena escorada son menos hidrodinámicas que las de cuadernas redondeadas por resultar menos simétricas respecto a crujía.

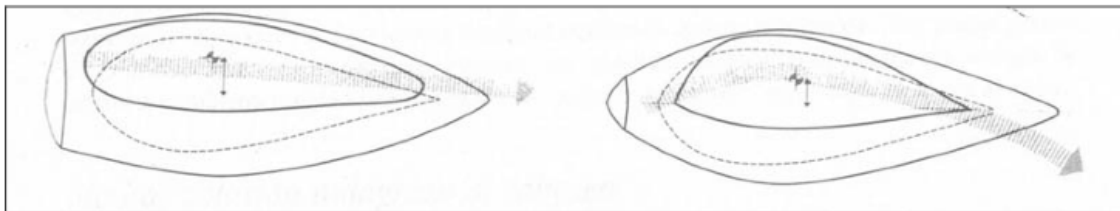


Figura 7. Plano de flotación con escora y posible desequilibrio.

Cuando las cuadernas son redondeadas el casco sumergido escorado presenta una flotación bastante simétrica, no siendo así para las cuadernas en “V”. En el caso de carenas en “V” es más fácil que no se cumpla la teoría de Turner que los metacentros de cada cuaderna no estén contenidos a lo largo de un plano paralelo a crujía provocando que el velero orce bruscamente al escorar.

En el plano de cuadernas también puede verse fácilmente la diferencia entre la manga máxima y la de flotación obteniéndose así fácilmente información de si el velero es duro o blando ante los golpes de viento o de mar.

En cuanto a la astilla muerta, cuanto más paralelas sean las esloras en el plano lateral, más constante será este ángulo a lo largo de la eslora. En los cascos clásicos de carena en “V” el valor de astilla muerta suele rondar unos 18° en la maestra. Para este proyecto de carena en “U” pero no tan profunda la astilla muerta es algo menor, tomando un valor de $10,20^\circ$.

1.2.3 Plano de líneas de agua

El plano de líneas de agua de los veleros actuales se caracteriza por tener una popa bastante llena, resultando el coeficiente de la flotación CWP bastante más alto que hace unas décadas

En opinión de muchos diseñadores de yates las formas de popa con líneas de agua afiladas, llamadas en su época “double enders” (pues prácticamente la proa y popa aparentan ser simétricas), de los veleros diseñados por Colin Archer son garantía de muy buen comportamiento marino. En este tipo de casco las olas que alcanzan la popa con vientos portantes provocan menos influencia en el barco. Sin embargo estas formas hacen que el velero sea lento donde difícilmente consigue alcanzar altos de valores del número de Froude, por producir una gran resistencia por formación de olas.

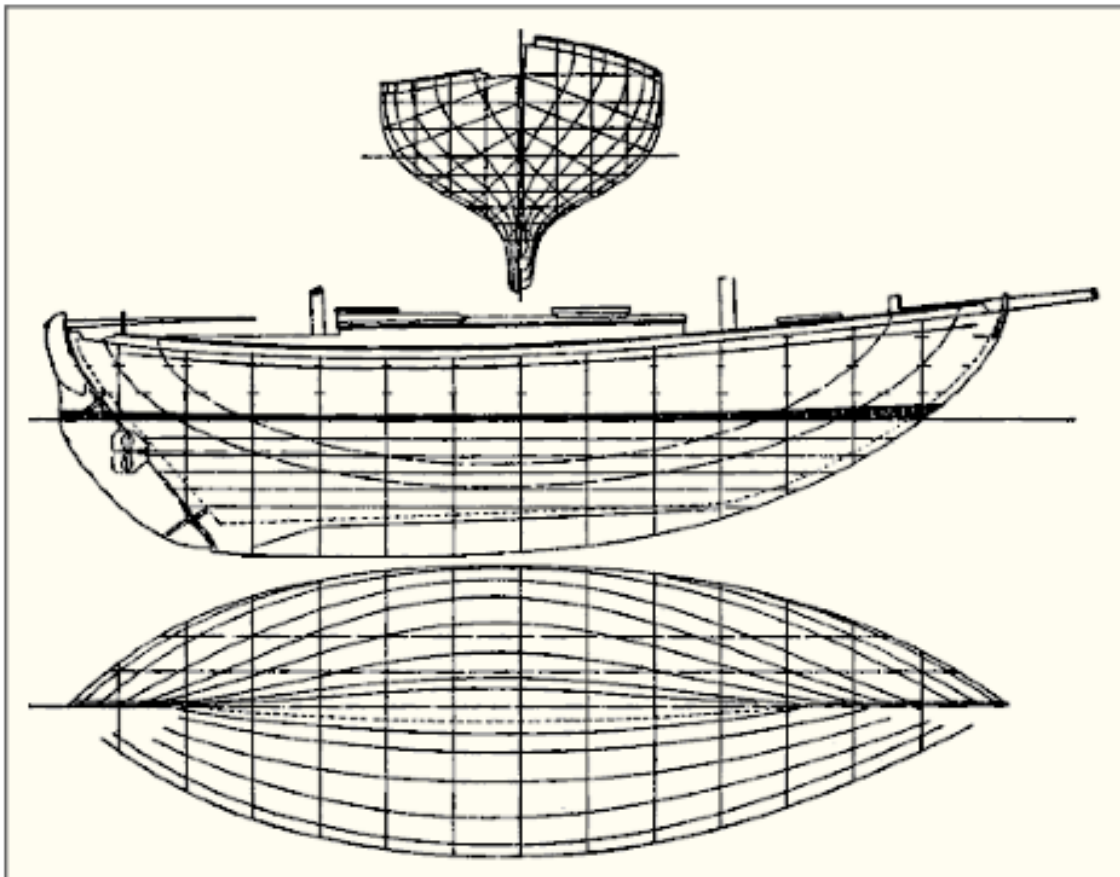


Figura 8. Diseño de Colin Archer ("Double ender")

Como premisa para este proyecto, va a tenerse en cuenta la mencionada teoría de Turner para tener un buen comportamiento del velero con escora. Por tanto va a tratarse de que los volúmenes de proa y popa estén equilibrados, al contrario de lo que ocurre en los diseños actuales. De esta manera la posición longitudinal del centro de carena permanece prácticamente constante para todos los ángulos de escora, reduciendo así la tendencia a orzar que puede verse en los veleros de hoy en día.

El ángulo de entrada del plano de flotación, es bastante más afilado que hace 30 años pues actualmente se sigue la tendencia de disponer una proa recta alargando bastante la eslora de flotación en relación con la eslora total. Cuando se estudia este parámetro suele trabajarse con la mitad de su valor, es decir el semi-ángulo de la tangente de las líneas de agua a proa y el plano de crujía. Este ángulo debe tratar de minimizarse para aumentar las prestaciones del velero pues cuanto más afilado sea mejor corta la ola y menos se levanta el casco al encontrarse con una ola y hundirse en la siguiente. En esloras de recreo es más difícil conseguirlo pues resultaría un velero muy esbelto y se reduciría bastante la habilitación al quitar volumen interior. Para cruceros de recreo el semi-ángulo de entrada ronda un valor de entre 22° y 24° con respecto a crujía. En veleros de regata es posible conseguir semi-ángulos menores de 13° como es el caso de los veleros de la Copa América, pero tienen una relación LOA/BMAX de 6,5. Para megayates es más fácil conseguir que la proa sea más afilada, pues los barcos son más esbeltos y ofrecen un buen volumen interior a proa. Para este proyecto se toma un semi-ángulo de $12,46^{\circ}$ que permite atribuirse unas buenas cualidades marineras.

1.2.4 Forma de la proa

La forma de la proa del velero determina cómo va a pasar la ola, la capacidad de ceñida y si tiene posibilidad de clavarse en caso de mala mar. Existen muchos tipos de proa, cada una tiene un comportamiento diferente. En la siguiente figura se recogen algunos tipos de ellas.

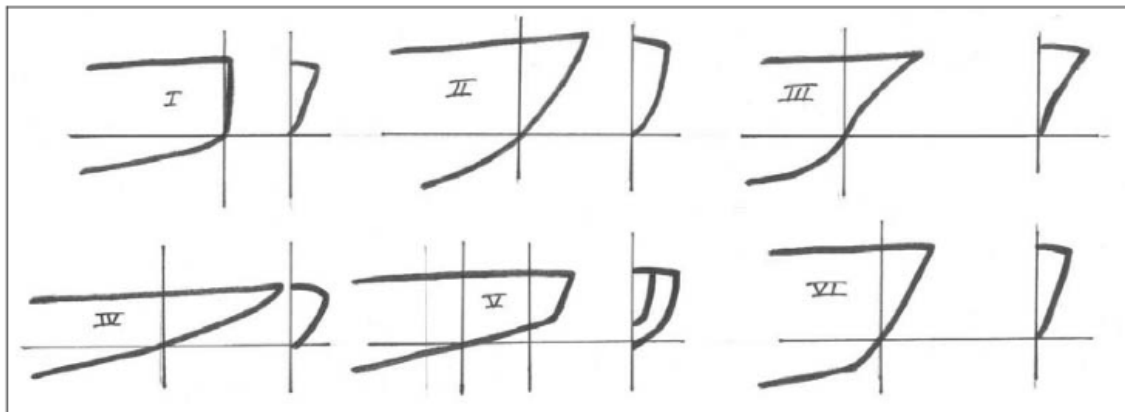


Figura 9. Distintos tipos de proas.

La primera de ellas es una proa vertical de cuadernas rectas. Este tipo de proa tiene una buena penetración en ola corta y un alto rendimiento en ceñida. Es rápida por alargar la eslora de flotación al máximo. No es muy adecuada al crucero por que no evita los rociones. Además presenta el problema del manejo del ancla pues este puede golpear el casco al cobrar cadena. Por otra parte debe estudiarse bien el equilibrio de volumen pues puede tener problemas de inmersión con mala mar.

El tipo II es la clásica proa de cuchara. No tiene un pie de roda marcado, la roda presenta una curvatura prácticamente constante. Es menos rápida que la anterior pues reduce bastante la eslora en flotación. Presenta un paso suave en ola corta. Según Dick Carter este tipo de proa reduce los movimientos de cabeceo. Debe estudiarse el reparto de volumen pues si es excesivo forma una ola de proa voluminosa y puede dar pantocazos con mar formada.

En la proa III, proa tipo Clipper, tanto la roda como las cuadernas tienen curvatura cóncava en la obra muerta. De esta manera se evitan los rociones. Estéticamente permite instalar fácilmente un bauprés dando continuidad a las formas. Evita la inmersión de la proa en caso de tiempo duro gracias a una importante reserva de volumen en la zona superior. Sin embargo es una proa que golpea en las olas. La proa del cuarto tipo presenta unos enormes lanzamientos fruto de las fórmulas de medición de hace décadas. De esta manera se conseguía alargar la eslora de flotación con la escora sin quedar penalizada a la hora de ser medida con el velero adrizado.

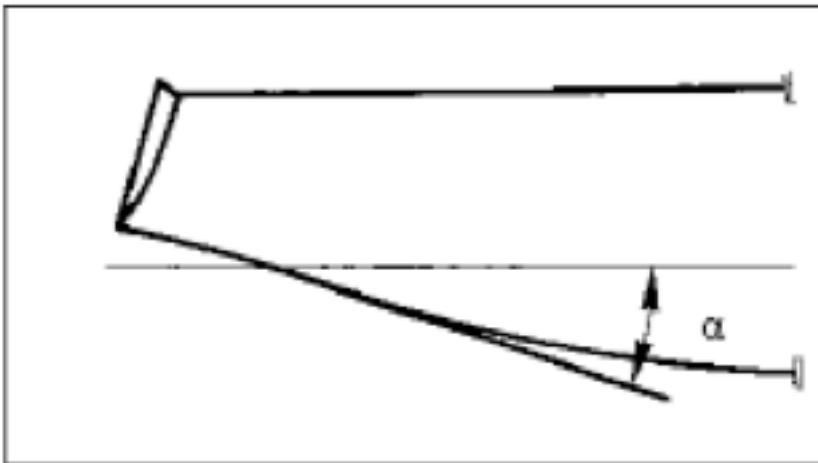
La proa con pie de roda emergido, proa V, fue ensayada en veleros de regata para conseguir un alargamiento de la eslora de flotación sin presentar lanzamientos exagerados.

Por último la proa recta con pie de roda sumergido y bien marcado es la proa típica de los cruceros actuales (VI). En realidad es otro producto de las fórmulas IOR que se ha adaptado bien al crucero. La inclinación de la proa ha ido haciéndose cada vez más vertical en los últimos años imitando a los veleros de regata permitiendo así conseguir una mayor eslora de flotación y por tanto un aumento de la velocidad.

Para el programa de navegación de este proyecto se van a tener en cuenta formas pensadas en aumentar la velocidad. Tener un pie de roda marcado asegura estabilidad direccional pero en exceso puede provocar pérdida de rumbo con vientos portantes. La curvatura de la roda está bastante limitada en caso de barcos de mucho lanzamiento como es este caso, por lo que se traza prácticamente recta en este proyecto. Por lo que nos quedaremos con una proa del tipo VI, la más normal entre los veleros rápidos actuales, ya que busca aumentar la flotación con el fin de conseguir mas velocidad.

1.2.5 Forma de la popa

La popa también tiene mucha influencia en el comportamiento del velero. El plano del agua que es cortado por la proa y que recorre el casco por cada costado debe salir lo más limpiamente posible al dejar la popa. El ángulo de salida, desde el punto de vista lateral, está determinado por la velocidad programada para el velero. Los veleros más marineros, como el Colin Archer, tienen un ángulo muy alto pero no debe ser mayor de 26° para que no resulte exageradamente lento. Por el contrario, los veleros rápidos diseñados para conseguir entrar en planeo deben tener un ángulo de salida menor de 10° , llegándose a ángulos de 7° en veleros de competición. Para este proyecto se va a tratar de llevar un ángulo en la popa alrededor de 11° , no muy alejados de los valores regateros.



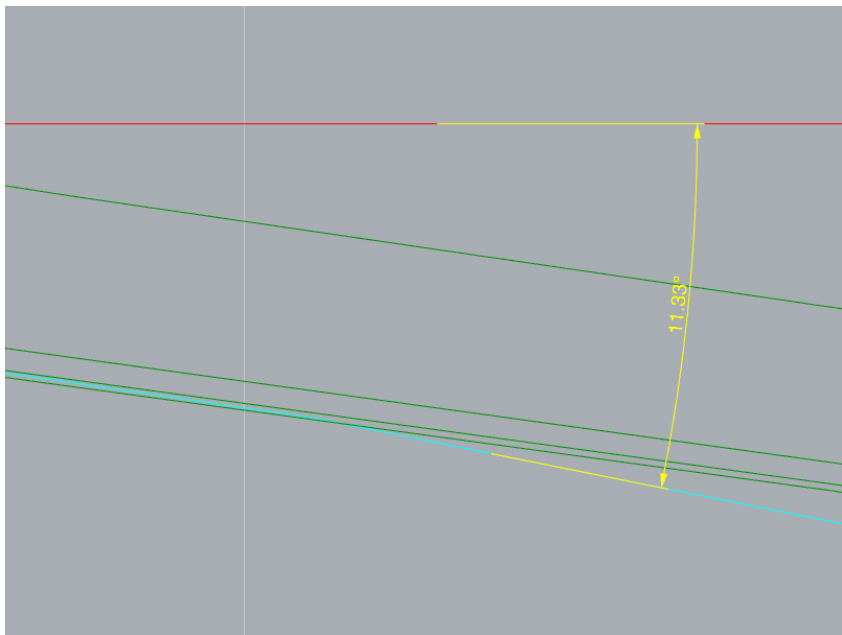


Figura 10. Ángulo de salida de la popa.

Este ángulo formado por la popa y el plano del agua debe mantenerse con el casco escorado. Esto se ve si se trazan las diagonales o vagras en la vista de la caja de cuadernos del plano de formas de manera que resulten lo más perpendiculares posibles a la superficie del casco. Las diagonales del plano de formas en un velero son curvas importantes pues definen el perfil del barco para diferentes ángulos de escora. Por ello el ángulo de la popa y los ángulos de las vagras más perpendiculares al casco deben tener un valor similar. Para conocer también como se comporta el velero con vientos portantes deben observarse las formas de los longitudinales en el tercio final del casco. Navegando al largo el velero se encuentra casi adrizado y el flujo de agua circula por el casco siguiendo los longitudinales del fondo. Si los longitudinales son muy curvados el velero navegará lento en este rumbo. Para conocer el comportamiento en ceñida se observan las diagonales o vagras, trazadas lo más perpendicularmente posible al casco. Navegando en ceñida el casco se encuentra escorado y el flujo del agua recorre las diagonales. Cuanto más rectas sean estas en el tercio de popa mayor rendimiento en ceñida tendrá el velero.

A la hora de trabajar con este ángulo de salida debe tenerse especial cuidado pues de su modificación dependen muchos otros parámetros del casco como son el lanzamiento de popa, la eslora de flotación y el coeficiente prismático.

En cuanto al lanzamiento de popa, es positivo presentar algo de lanzamiento como medida de reserva de volumen a popa frente a mares portantes teniendo en cuenta que debe existir un equilibrio con el de proa pero algo menor. La forma del espejo de popa hoy en día es invertido (popa inferior en figura 2.13), de manera que la eslora máxima se cuenta más a popa del extremo final de la cubierta.

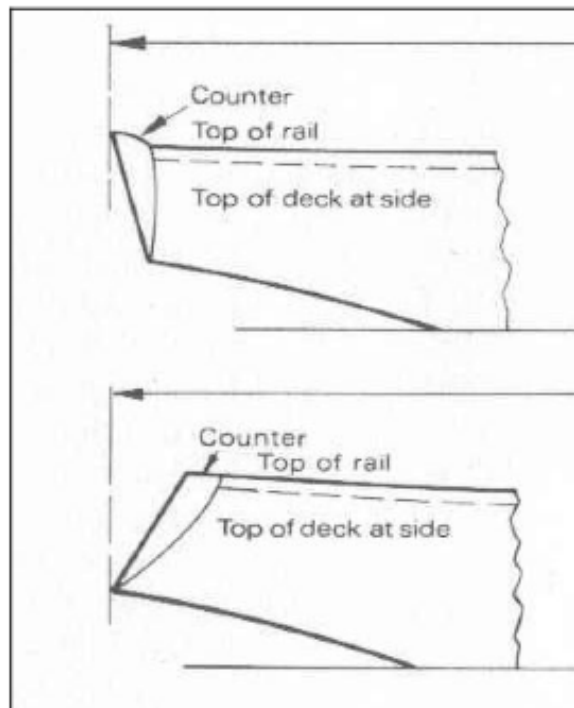


Figura 11. Formas del espejo de popa.

Esta forma proviene nuevamente como resultado de las reglas de medición pues provoca una diferencia entre la eslora total y la medida sobre la cubierta. De esta manera se reduce peso a popa del velero pero también reduce espacio en cubierta y volumen interior en el pique de popa.

Como ha ocurrido con otras formas, este tipo de popa se ha adaptado muy bien a los veleros de crucero pues permite instalar fácilmente una escala y una plataforma de baño.



Foto 12. Plataforma de baño en embarcación de recreo.

2 Formas del casco

Partimos de estudio de las formas de un casco que realizo el diseñador Manolo Ruiz-Elvira para un 52 pies y realizamos las modificaciones del casco base apoyándonos en la estructura del Swan 601, barco que mas se aproxima a nuestras ideas iniciales.



Figura 13 Renderizado del diseño del Swan 601

2.1 Barco base

Nuestro barco base será una carena con líneas muy redondeadas que M Ruiz Elvira había proyectado como barco de competición, la siguiente figura muestra una vista del casco:

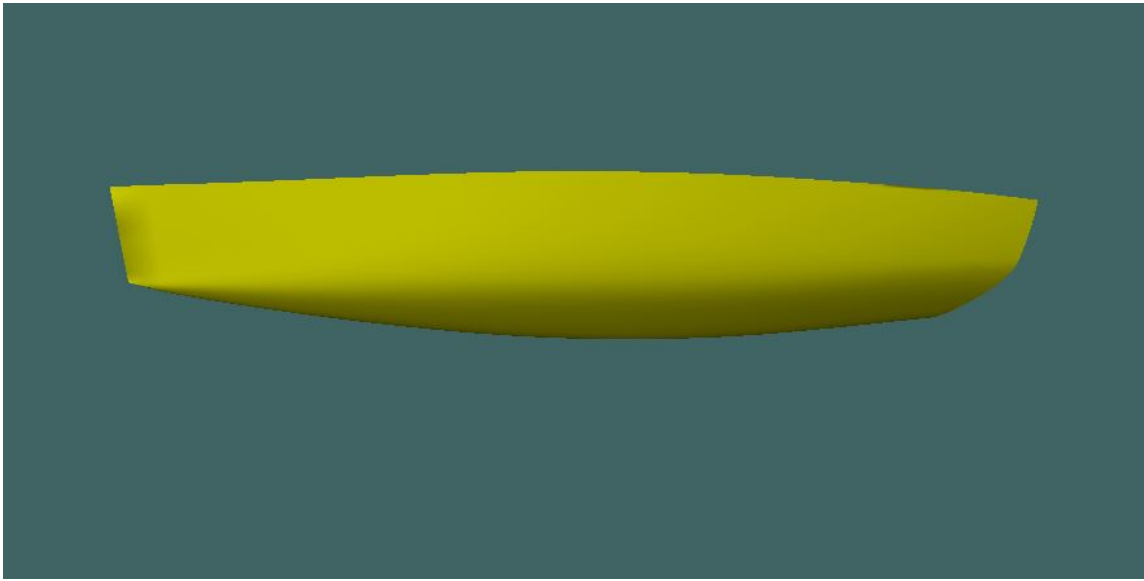


Figura 14. Casco base

A partir de aquí procederemos a calcular las hidrostáticas del buque base para saber de donde partimos, cabe resaltar que al ser una carena proyectada para competición, el desplazamiento será bastante menor que el que tenemos pensado para nuestro buque.

Hydrostatics at DWL			
	Measurement	Value	Units
1	Displacement	6272,264	kg
2	Volume	6,119	m ³
3	Draft to Baseline	3,153	m
4	Immersed depth	0,352	m
5	Lwl	14,302	m
6	Beam wl	2,926	m
7	WSA	31,119	m ²
8	Max cross sect area	0,767	m ²
9	Waterplane area	29,256	m ²
10	Cp	0,558	
11	Cb	0,416	
12	Cm	0,783	
13	Cwp	0,699	
14	LCB from zero pt. (+	7,872	m
15	LCF from zero pt. (+	7,418	m
16	LCB from zero pt. (+	55,04	%
17	LCF from zero pt. (+	51,863	%
18	KB	3,024	m
19	KG	3,153	m
20	BMt	2,434	m
21	BMI	54,071	m
22	GMt	2,305	m
23	GMI	53,941	m
24	KMt	5,458	m
25	KMI	57,095	m
26	Immersion (TPc)	0,3	tonne/c
27	MTc	0,237	tonne.
28	RM at 1deg = GMt.Di	252,331	kg.m
29	Precision	Medium	50 stati

Density

VCG

Figura 15. Hidrostáticas casco base

Y la curva de áreas del casco del buque base será de la siguiente manera:

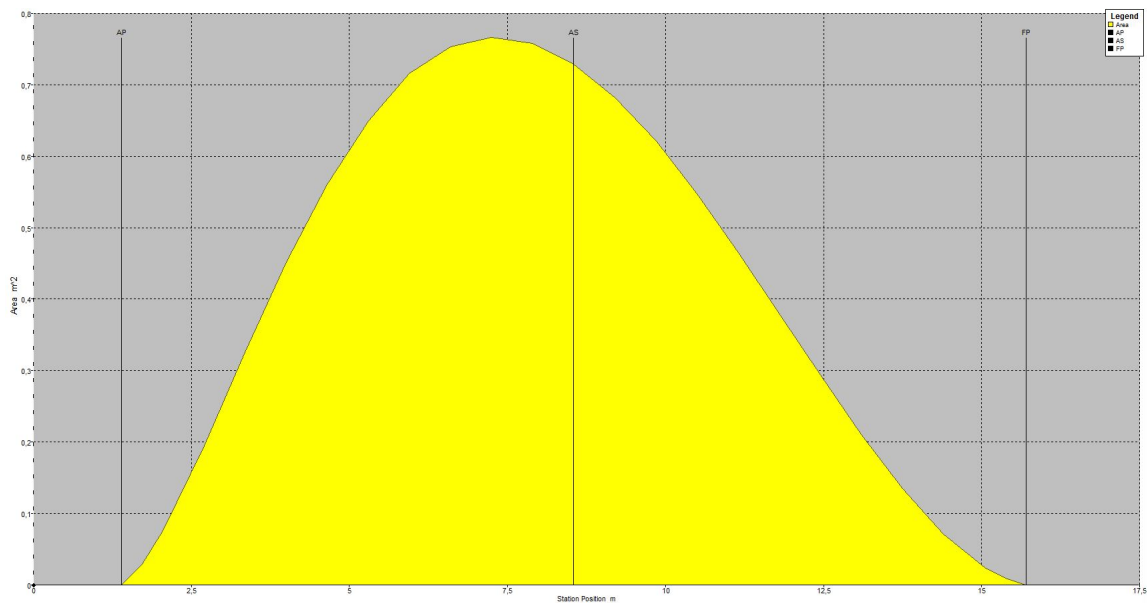


Figura 16. Curva áreas casco base

2.2 Generación de casco

Partiendo del casco que ya tenemos y empleando el programa de generación de formas Maxsurf, se desarrolla el casco sin apéndices a partir de una transformación paramétrica, para intentar acercarnos lo más posible a las características que obtuvimos en el Cuadernillo 1.

Obteniendo un casco cuyas dimensiones son:

Hydrostatics at DWL			
	Measurement	Value	Units
1	Displacement	19063,622	kg
2	Volume	18,599	m ³
3	Draft to Baseline	0,686	m
4	Immersed depth	0,686	m
5	Lwl	16,312	m
6	Beam wl	3,993	m
7	WSA	50,485	m ²
8	Max cross sect area	2,091	m ²
9	Waterplane area	44,316	m ²
10	Cp	0,545	
11	Cb	0,416	
12	Cm	0,801	
13	Cwp	0,68	
14	LCB from zero pt. (+	8,812	m
15	LCF from zero pt. (+	8,126	m
16	LCB from zero pt. (+	54,023	%
17	LCF from zero pt. (+	49,817	%
18	KB	0,43	m
19	KG	0,686	m
20	BMT	2,23	m
21	BMI	33,372	m
22	GMt	1,974	m
23	GMI	33,116	m
24	KMt	2,661	m
25	KMI	33,802	m
26	Immersion (TPc)	0,454	tonne/c
27	MTc	0,387	tonne.
28	RM at 1deg = GMt.Di	656,8	kg.m
29	Precision	Medium	50 stati

Density

VCG

Figura 17. Tabla de curvas hidrostáticas

Las siglas de la tabla quieren decir:

LCB = Posición longitudinal del centro de carena

LCF = Posición longitudinal del centro de flotación

KB = Posición vertical del centro de carena

KG= Posición vertical del centro de gravedad

BMt= Radio metacéntrico transversal

BML= Radio metacéntrico longitudinal

GMt= Altura metacéntrica transversal

GML= Altura metacéntrica longitudinal

KMt = Altura del metacentro transversal sobre la quilla

KML= Altura del metacentro longitudinal sobre la quilla

WL Width = Anchura de la flotación

WL Length = Eslora en flotación

WPA = Área de la flotación

MTc 1cm = Momento para cambiar el asiento un centímetro

TPc = Toneladas por centímetro de inmersión

Los valores de las hidrostáticas son los que calculamos en el cuaderno 1 de dimensionamiento preliminar, comprobamos que en valores como eslora en flotación, manga en flotación, coeficiente prismático y coeficiente de la maestra hay una variación. Esto se debe a que con las formas del casco resulta muy complejo obtener los resultados de flotación del cuaderno 1, ya que cualquier mínima variación con el calado de diseño fijado para conseguir los valores de L_{wl} y B_{wl} , cambiaría totalmente las formas.

Con la siguiente curva de áreas:



Figura 18. Curva áreas casco proyecto

La carena modelizada es la siguiente:

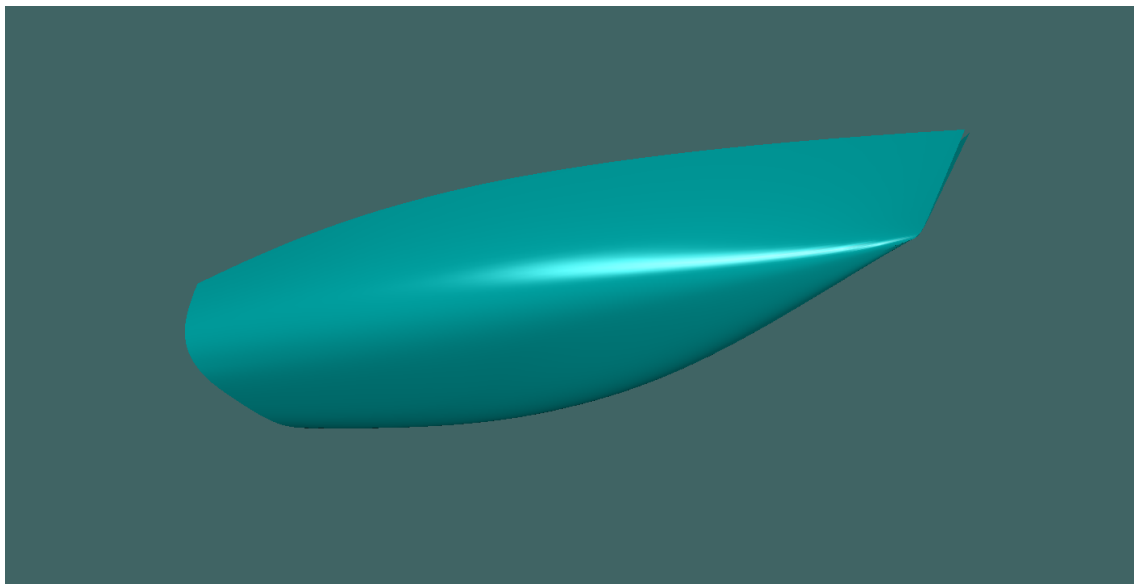


Figura 19. Casco proyecto

En la siguiente figura se representan las curvaturas longitudinales para comprobar que no existen discontinuidades a lo largo de la eslora. La homogeneidad de color a lo largo de la carena, significa que no existe, ninguna abolladura.

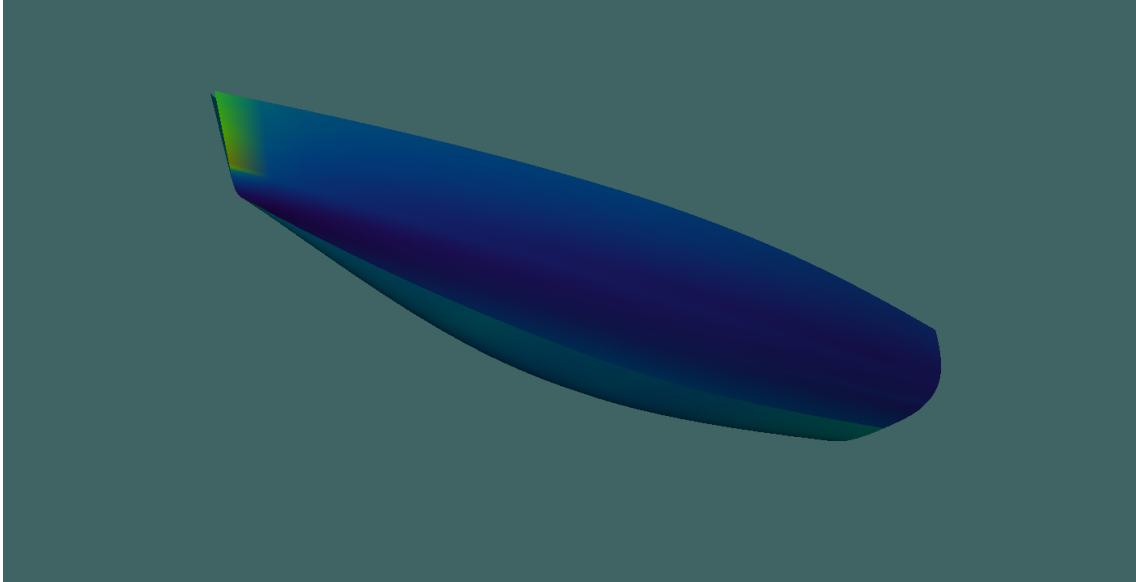


Figura 20. Casco proyecto. Análisis curvatura

Si se recurre a la curvatura Gaussiana para la realización del mismo análisis, se obtiene la siguiente figura:

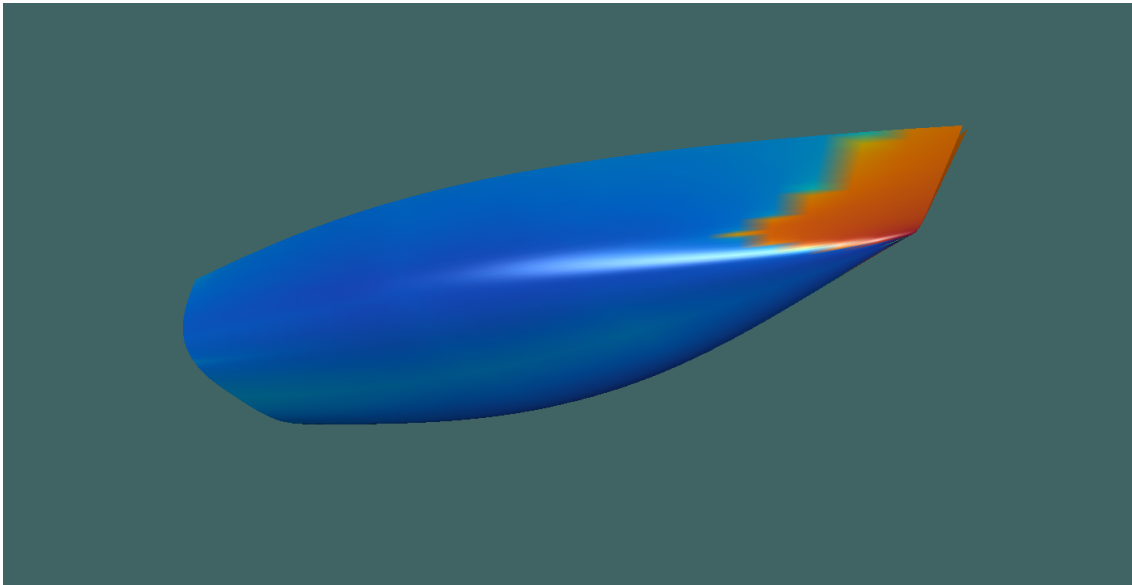


Figura 21. Casco proyecto. Análisis Gauss

La zona de color anaranjado en la parte de proa, indica el cambio de curvatura, que se ha de producir en esta zona.

2.3 Uso de bulbo de proa

La adopción de bulbos de proa en el proyecto de las formas de un buque puede resultar beneficioso al influir, en la resistencia a la marcha del buque y en su coeficiente propulsivo.

Tanto el coeficiente de bloque C_b como la relación L_{wl}/B_{wl} , son parámetros que influyen decisivamente en la adopción o no del bulbo de proa.

Los márgenes en los que resulta beneficiosa la adopción del bulbo de proa son:

- $0,65 < C_b < 0,815$ en nuestro caso $C_b = 0,416$ (NO bulbo)
- $5,5 < L_{wl}/B_{wl} < 7,0$ en nuestro caso $L_{wl}/B_{wl} = 4,08$ (NO bulbo)
- $C_b \cdot (B/L) > 0,135$ en nuestro caso $C_b \cdot (B/L) = 0,11$ (NO bulbo)

2.4 Resumen

	casco BASE	casco PROYECTO
L	15,84 m	18 m
B	4,45 m	4,89 m
T	0,352 m	0,686 m
Lwl	14,308 m	16,312 m
Bwl	2,926 m	3,995 m
Cp	0,558	0,545
Cb	0,416	0,416
Cm	0,699	0,801

Figura 22. Tabla resumen comparativa

3 Diseño de apéndices

3.1 Introducción a la aerodinámica y generación de la sustentación.

En esta parte se expondrá, en primer lugar, una corta introducción de principios básicos del flujo alrededor de un perfil aerodinámico, que a su vez es hidrodinámico (orza o timón), con un ángulo de ataque y las correspondientes fuerzas generadas.

Si situamos un cuerpo, por ejemplo un perfil aerodinámico, en movimiento dentro de un fluido, este puede representarse mediante el uso de líneas de corrientes.

Si el cuerpo es simétrico, como es el caso de una orza, y el fluido es ideal, es decir, un fluido no afectado por la viscosidad, tenemos que las líneas de corrientes fluyen simétricamente en ambas caras del cuerpo, existiendo una línea divisoria, al punto de aplicación de dicha línea se le llama punto de estancamiento (stagnation point) y en él la velocidad del fluido es cero.

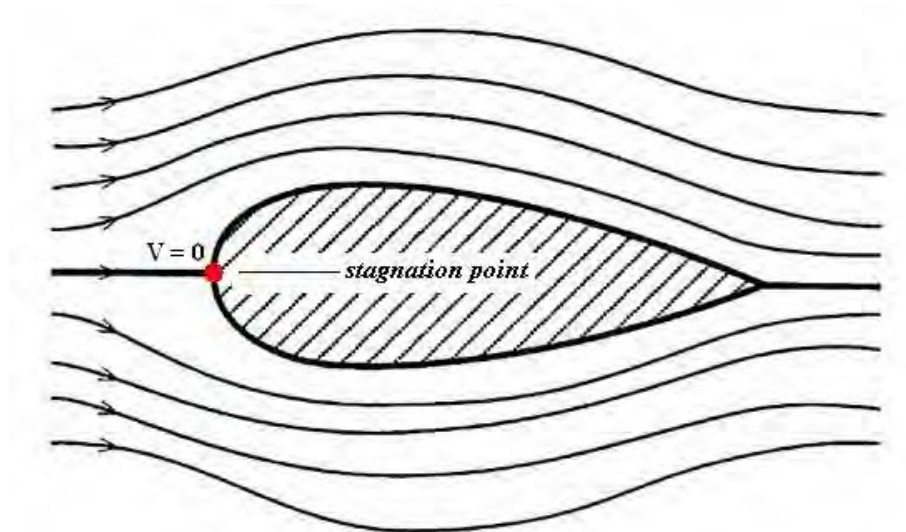


Figura 23. Flujo simétrico en perfil simétrico. Imagen en internet.

Como cita la ecuación de Bernoulli, la presión total (P), es la suma de la presión estática del fluido (P_e), y de la presión dinámica (P_d).

$$P = P_e + P_d = \rho gh + \frac{1}{2} \gamma v_0$$

Donde v_0 es la velocidad del fluido inicialmente antes de entrar en contacto con el perfil.

Sin embargo, cuando el perfil aerodinámico tiene un ángulo de ataque diferente, provoca que el flujo ya no sea simétrico.

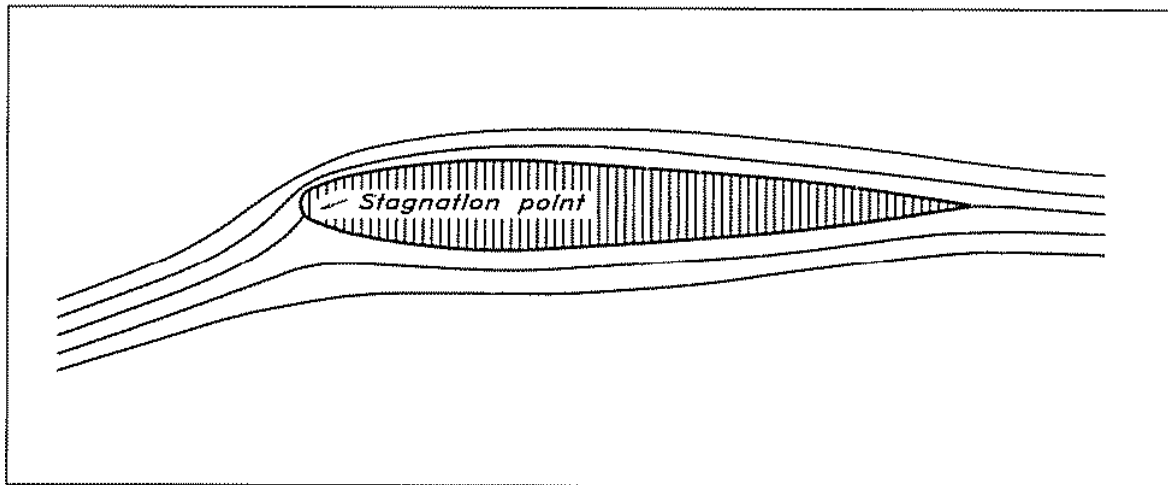


Figura 24 Flujo asimétrico en perfil simétrico. Principles of Yacht Design.

Llegados a este punto se observa que en un perfil aerodinámico sometido a un cierto ángulo de ataque, las moléculas de agua llegan con la misma velocidad y al mismo tiempo a este, supongamos que dos moléculas que viajan juntas, se separan en el punto de estancamiento y cada una recorre una cara diferente del perfil, como ambas moléculas han de volverse a unir al salir del cuerpo, esto implica que una de ellas tendrá que recorrer mas distancia que la otra en el mismo tiempo por lo tanto aumenta su velocidad, que es lo mismo debe ir a menos presión.

Esta diferencia de presiones entre las caras y en movimiento provoca que dicho cuerpo se vea afectado por una succión perpendicular a la dirección del fluido. A esta succión la llamamos Fuerza de sustentación (Lift).

Un aspecto muy importante a tener en cuenta en esta parte es el ángulo de barrena.

Cuando el ángulo de ataque de un perfil, respecto al fluido aumenta, el fluido comienza a separarse del cuerpo en su cara de sotavento, llegando a un punto en el que la fuerza de sustentación empieza a disminuir y a aumentar la resistencia al avance. A partir de ese ángulo de ataque, la fuerza de sustentación desaparece y la resistencia del cuerpo aumenta drásticamente.

Este último es el ángulo de barrena y depende principalmente de la velocidad del fluido respecto al cuerpo, su relación entre el grosor y la cuerda del perfil y del tipo de sección de dicho perfil. Por todo esto, es importante definir el tipo de perfil que vamos a usar y cuál va a ser su régimen de trabajo para evitar que entre en barrena.

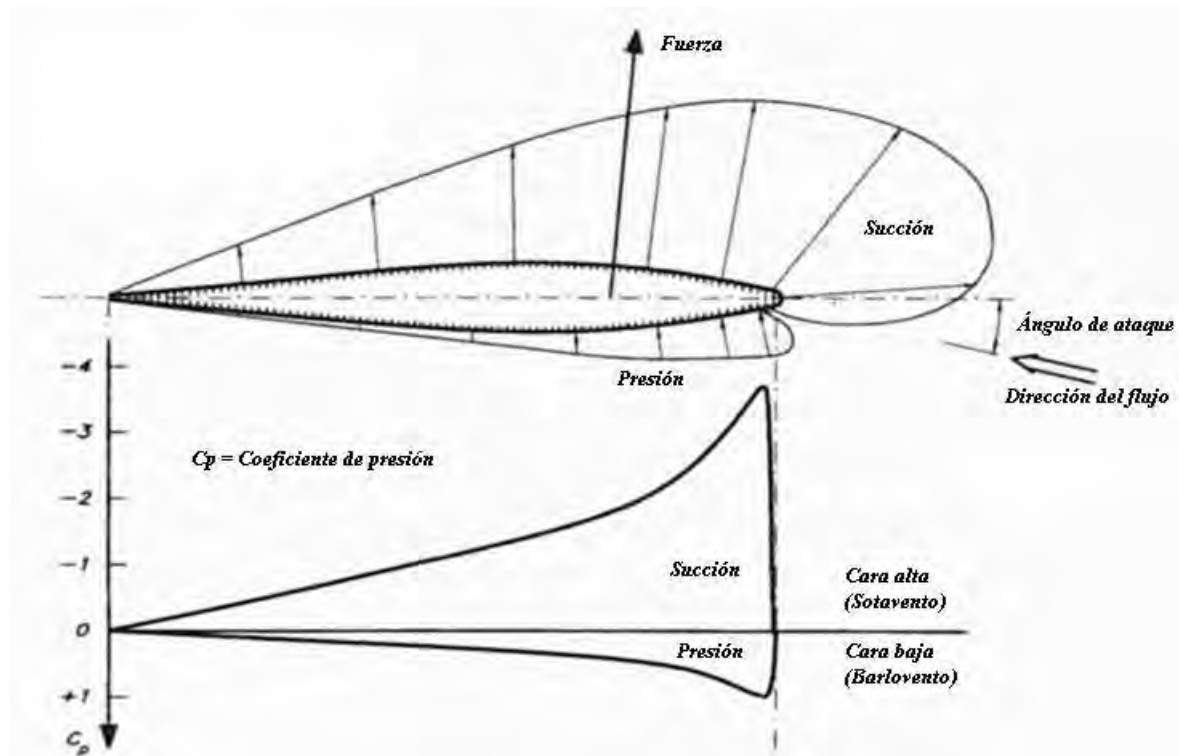


Figura 25. Presiones en el perfil con un ángulo de ataque. Principles of Yacht Design.

3.2 Aplicación de la aerodinámica a la navegación.

Partiendo de que la vela es un perfil aerodinámico que con un cierto ángulo de ataque nos permite usar la fuerza del viento para propulsar la embarcación, podemos descomponer dicha fuerza aerodinámica en dos, la fuerza de sustentación (L) y la resistencia (D). La fuerza aerodinámica se aplica en el centro de presión velica, esta depende de la configuración del plano velico.

Si descomponemos la fuerza aerodinámica, tenemos dos fuerzas; la fuerza aerodinámica propulsora (F_{ap}), y la fuerza aerodinámica lateral (F_{al}).

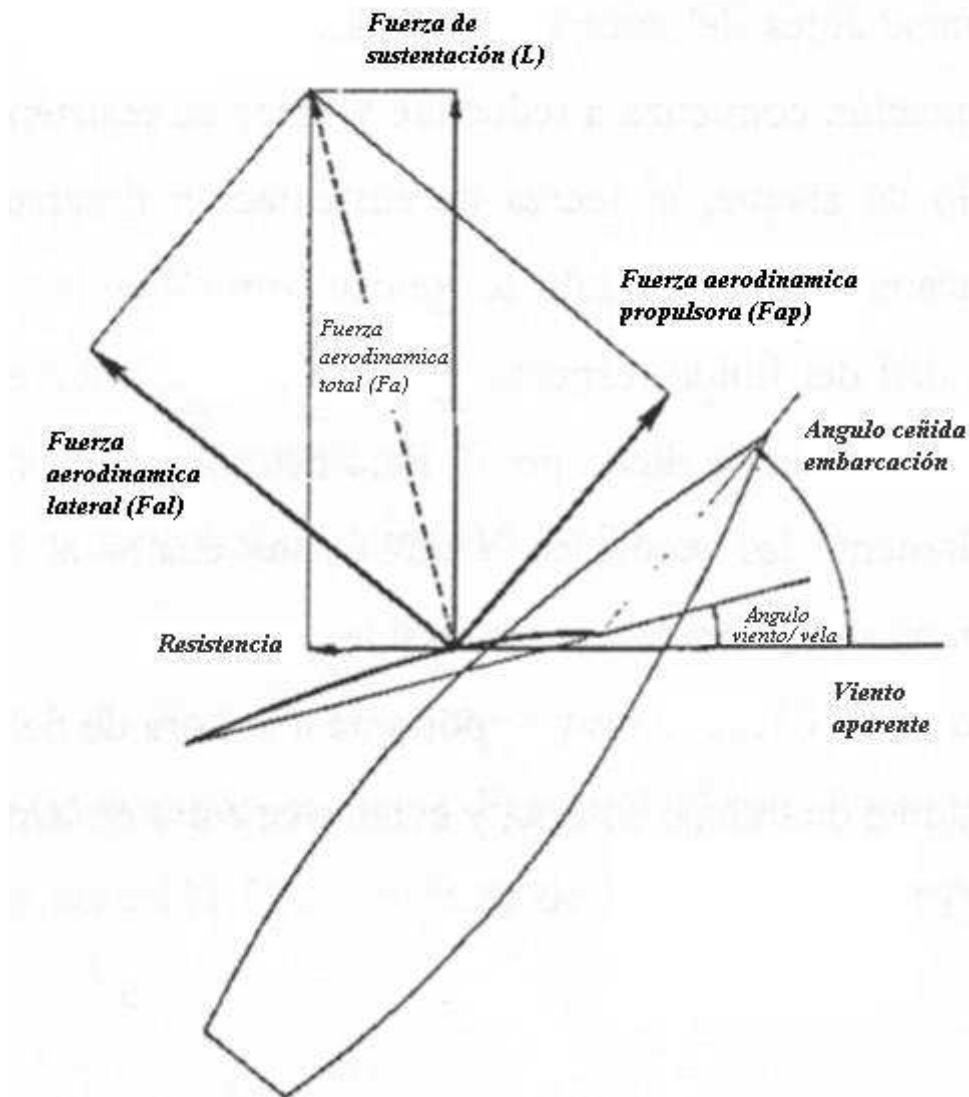


Figura 26. Descomposición de la fuerza aerodinámica. Libro embarcaciones deportivas.

La variación del ángulo de ataque del plano vélico respecto al viento para buscar la máxima efectividad en la navegación hace que las componentes F_{ap} y F_{al} varíen también.

Cuanto más cerrado al viento se navegue mayor será F_{al} y menor la componente propulsora

F_{ap} , por el contrario, cuanto más abierto al viento se navegue mayor será la componente propulsora. Sin embargo, a priori, esto nos podría hacer pensar que la embarcación navegará más lenta en rumbos cerrados que en rumbos abiertos al viento. Esto no es del todo cierto ya que la fuerza de sustentación varía con el cuadrado de la velocidad del fluido con respecto al perfil.

En la navegación a vela, la velocidad del aire respecto al perfil aerodinámico, se denomina viento aparente, cuya velocidad depende de la velocidad de la embarcación, de la velocidad del viento real y de la dirección de éste con respecto a la embarcación. Así pues, cuanto más cerrado al viento se navegue, mayor será la velocidad del viento aparente. Éste viento aparente es el que actúa sobre la velas y es el que se necesita para calcular la fuerza aerodinámica. En la siguiente imagen se puede observar el triángulo de velocidades con sus correspondientes ángulos.

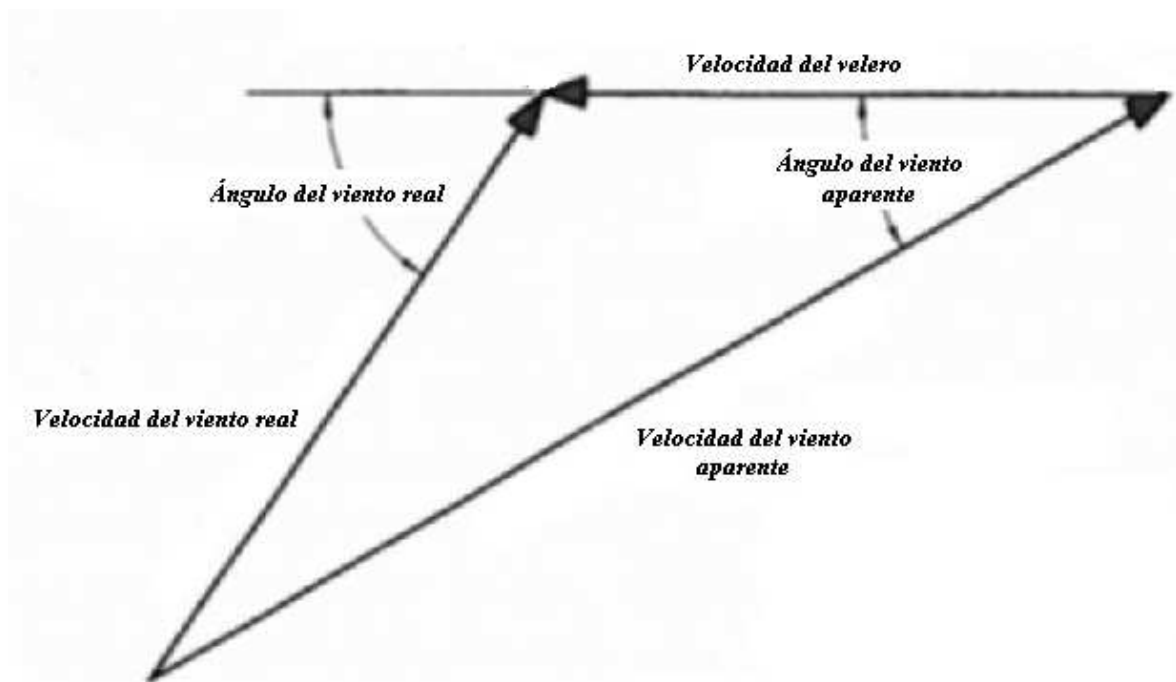


Figura 27. Triángulo de velocidades. Principles of Yacht Design.

3.2.1 La fuerza aerodinámica lateral (F_{al}).

Deriva ó abatimiento: Se define deriva como el desplazamiento lateral de la embarcación, y el abatimiento como el ángulo entre la dirección proa-popa de la

embarcación y la dirección real por la que este se desplaza. Cuando se navega en rumbos cerrados, la fuerza aerodinámica lateral provoca que la embarcación comience a desplazarse en la misma dirección que esta. Cuando se produce ese desplazamiento lateral, la obra viva al enfrentarse con un ángulo de ataque comienza a generar una resistencia en la dirección contraria a la fuerza aerodinámica lateral, llamada fuerza hidrodinámica lateral (F_{hl}), hasta que se igualan y el rumbo se estabiliza, en un abatimiento determinado. Dicho abatimiento será menor cuanto más efectivo sea el plano anti-deriva de la embarcación, es decir, cuanto más capaz sea de generar sustentación con un menor ángulo de ataque. Esto es función de las orzas, que son capaces de generar una gran sustentación con bajos ángulos de ataque, de manera que se puede reducir el abatimiento hasta valores cercanos a 4° . La fuerza hidrodinámica lateral se aplica sobre un punto denominado, Centro de Resistencia Lateral o Centro de Deriva (CLR).

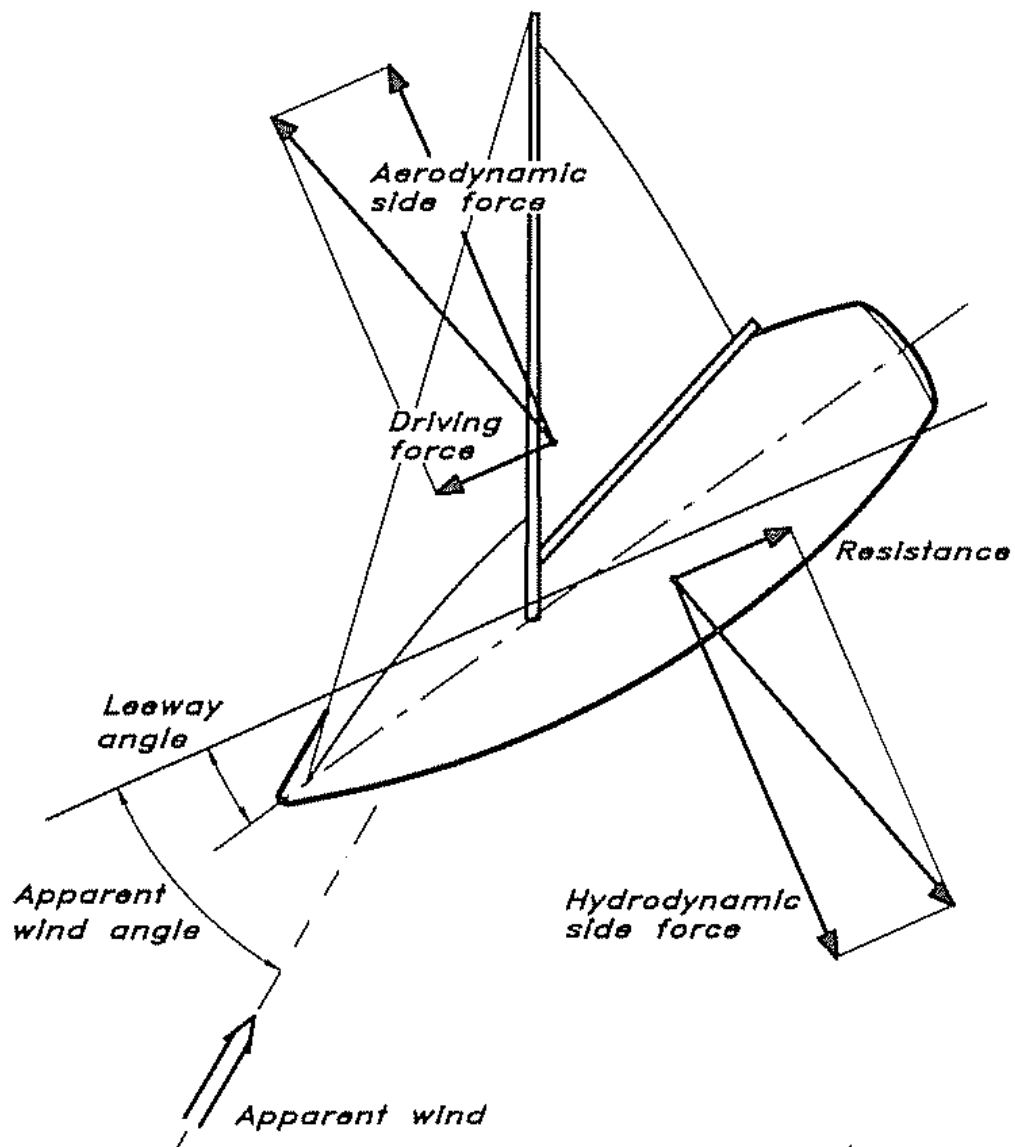


Figura 28. Fuerzas sobre un velero. Principles of Yacht Design.

- **Par escorante:** La fuerza aerodinámica lateral junto con la fuerza hidrodinámica lateral provocan un par escorante a la embarcación. La magnitud de dicho par depende de la distancia vertical del CPV al CLR, así como de la intensidad de dichas fuerzas. Para mantener a la embarcación en unos regímenes de escora aceptables para la navegación y evitar así la pérdida de efectividad del plano vélico debido a la escora, es necesario dotar de suficiente estabilidad inicial a la

embarcación. Esto se consigue mediante la combinación de por un lado formas llenas que aumenten la estabilidad por formas, y lastre fijo que permitan bajar el centro de gravedad (disminuir el KG).

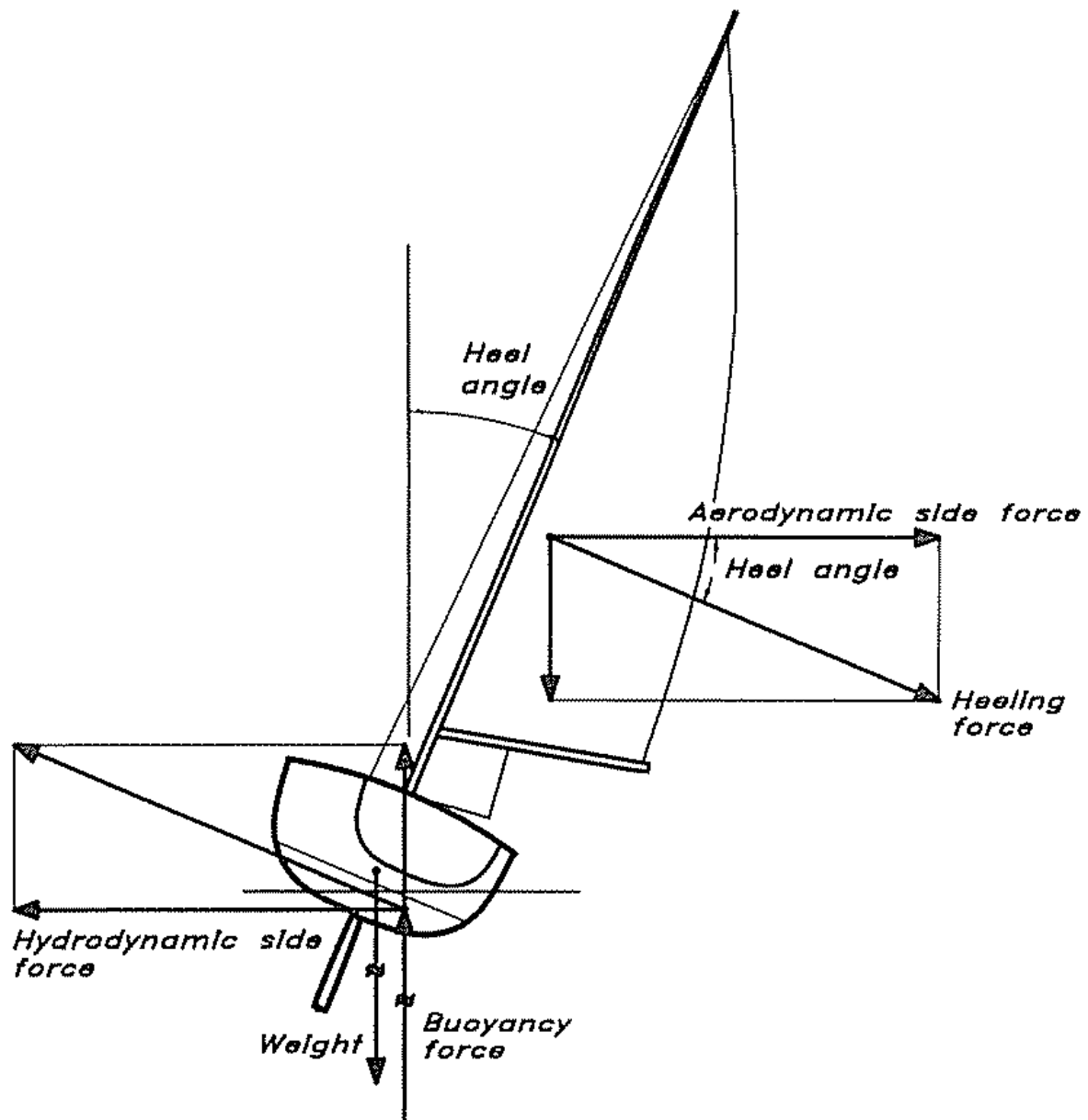


Figura 29. Fuerzas escorantes sobre un velero. Principles of Yacht Design.

- Estabilidad de rumbo: La posición longitudinal del CPV con respecto al CLR marca la estabilidad de rumbo cuando se navega a vela.
 - I. Si el CPV se encuentra a proa del CLR la embarcación tiende a arribar, es decir, abrirse al viento.

- II. Si el CPV se encuentra a popa del CLR la embarcación tiende a orzar, es decir, cerrarse al viento.
- III. Si el CPV está en la misma vertical que el CLR la embarcación se encuentra en equilibrio vélico.

Las tendencias a orzar o arribar son corregidas con el uso del timón, lo que provoca un aumento de la resistencia al avance y por consiguiente una disminución de la velocidad.

3.3 Geometría de los Apéndices

Los apéndices junto con el casco, actúan como superficies sustentadoras, generando la fuerza transversal necesaria para compensar las fuerzas de deriva provocada por el viento en las velas.

El timón tiene, además, la misión de corregir la sustentación para mantener el control del barco. Por su parte la orza, deberá tener un volumen suficiente para poder albergar los 7354 Kg. de lastre fijo, que habíamos estimado. Valor aproximado del 30% del desplazamiento del barco, que es un porcentaje por el que andan rondando el resto de los barcos de este tipo.

El diseño debe estar encaminado a conseguir la sustentación necesaria al mismo tiempo que se produce la menor resistencia al avance para un rango preseleccionado de velocidades y escoras.

Las características hidrodinámicas de los apéndices, vendrán determinadas por su sección transversal (perfil) y en mayor medida por su geometría.

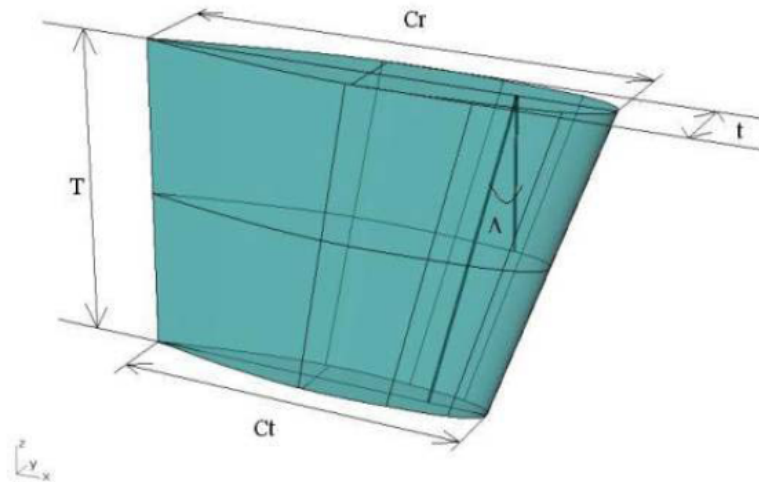


Figura 29. Esquema de las partes de la orza

Siendo:

Cr: Cuerda del perfil en la raíz del apéndice.

Ct: Cuerda del perfil en el extremo del apéndice.

Λ: Ángulo de flecha (Sweep Angle): Medido entre la vertical y la línea imaginaria trazada uniendo los puntos de las cuerdas al 25% del borde de entrada.

T (ó b): Calado del apéndice.

A partir de estos valores se pueden definir:

Cuerda Media: $C_m = \frac{(C_t + C_r)}{2}$

Área lateral del apéndice: $A = T \cdot C_m$

Alargamiento geométrico (Aspect Ratio): $AR = b / C_m = b^2 / A$

Estrechamiento o conicidad: $\lambda = C_t / C_r$

Superficie mojada del apéndice: S

En cada sección a lo largo del calado:

Espesor máximo del perfil: t

Cuerda del perfil: c

Relación espesor máximo cuerda: t/c

3.4 Diseño de la orza

Las funciones principales de la orza son:

- **Función Hidrodinámica:** La orza ha de generar una sustentación (Lift) que contrarreste el esfuerzo lateral de las velas (abatimiento) con el menor ángulo posible de modo que la embarcación tenga buen rendimiento en ángulos cerrados de viento. Sin embargo tan importante como la sustentación que genere la orza es su resistencia y ha de tratar que sea mínima.
- **Función Adrizante:** Debe servir de ubicación del lastre fijo, de manera que se consiga la estabilidad necesaria para soportar la superficie vélica dentro de ángulos de escora razonables.



Figura 30 Orza de competición lacada en color para detectar la suciedad

3.4.1 Área lateral de la orza

Los veleros clásicos poseen “quilla corrida”, que son quillas que van a lo largo de la eslora de la flotación, prácticamente desde la perpendicular de proa hasta el timón.

Las últimas tendencias han sido reducir las quillas y aumentar la superficie de los timones. El mayor inconveniente de esta tendencia se da al alojar lastre en el propio casco porque no se puede disponer en la quilla.

La orza debe cumplir, como se ha dicho anteriormente, dos funciones fundamentales: la función hidrodinámica y la función adrizante.

Hay que decir también que la Superficie Proyectada de la Orza (S_{po}) deberá aumentar proporcionalmente con la Superficie Vélica de la embarcación. Un intervalo razonable de la relación S_{po}/S_a según Larsson oscila entre un 2,75% (para embarcaciones regateras) y un 3,5% (en el caso de embarcaciones más de crucero). Este valor no puede aplicarse de manera genérica, ya que cuanto mayor sea la velocidad de diseño de la embarcación, menor será la superficie de orza necesaria. Lo mismo ocurre si la Relación de Aspecto de la orza (AR) es alta.

Hay otros factores que intervienen en el rendimiento de la orza. Estos son:

- Relación de afinamiento: Cuerda en el extremo / Cuerda en la base
- Ángulo de barrido hacia atrás (Sweep Back Angle).

Estos dos factores están relacionados entre sí mediante una gráfica obtenida en el “Potencial Flor Theory”, y con una buena relación de ambos se puede conseguir una distribución de sustentación considerable.

En comparación con bases de datos de barcos ya existentes, encontramos las siguientes relaciones en porcentajes:

Área lateral/Superficie vélica		
Máxima	Mínima	Media
0,14	0,07	0,11

Esta área debe estar repartida entre orza, timón y carena siendo los valores recomendables para los dos primeros:

	Área apéndice/ Área lateral		
	Máxima	Mínima	Media
Orza	0,44	0,25	0,35
Timón	0,18	0,06	0,10

Los valores medios recomendados respecto a la superficie vélica, obviando los extremos son:

	Área lateral/Superficie vélica	Desviación
Orza	3,5%	±0,75%
Timón	1,5%	±0,50%

3.4.2 Ángulo de caída de la orza

El ángulo de caída es el comprendido entre la vertical y la línea que pasa por un punto situado al 25% del extremo de la cuerda inferior.

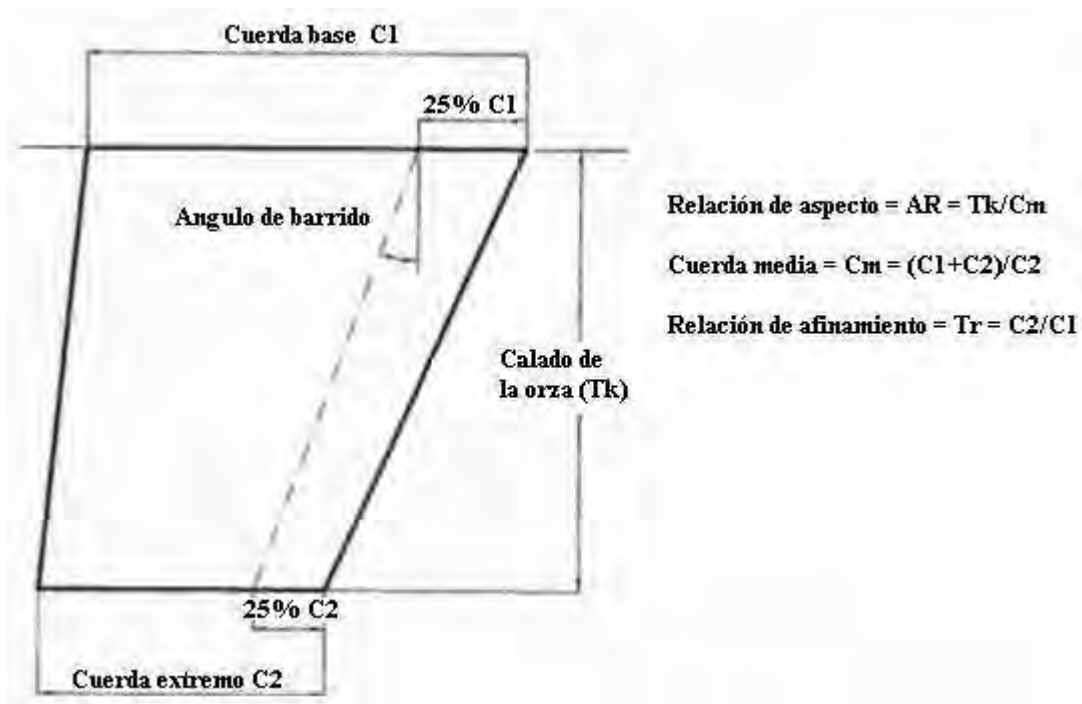


Figura 31. Configuración de la orza. Principles of Yacht Design.

La existencia de un ángulo de caída contribuye a disminuir la resistencia total de la embarcación, especialmente en quillas de baja relación de aspecto.

Beukelman y Keuning explican en su publicación “The influence of Fin Keel Sweepback on the Performance of Sailing Yachts” que el ángulo de caída no debe ser mayor de 20°, pues de lo contrario la fuerza lateral disminuye.

3.4.3 Relación de afinamiento

La relación de afinamiento es la relación entre la cuerda superior y la cuerda inferior.

El valor de la relación se debe escoger en relación con el ángulo de caída. Según Larsson, para un ángulo de 19° la relación de afinamiento es de 0,25. Normalmente, si se escoge la relación en función del ángulo de caída, la orza resultante no tendrá el volumen suficiente que para alojar el lastre necesario para cumplir los requisitos de estabilidad. Ante este problema, y por razones de

estabilidad, es habitual usar una relación de 0,4 a 0,6. La consecuencia negativa de aumentar la relación de afinamiento es que la resistencia inducida también aumenta.

En la siguiente gráfica se muestra la relación óptima entre la relación de afinamiento y el ángulo de caída:

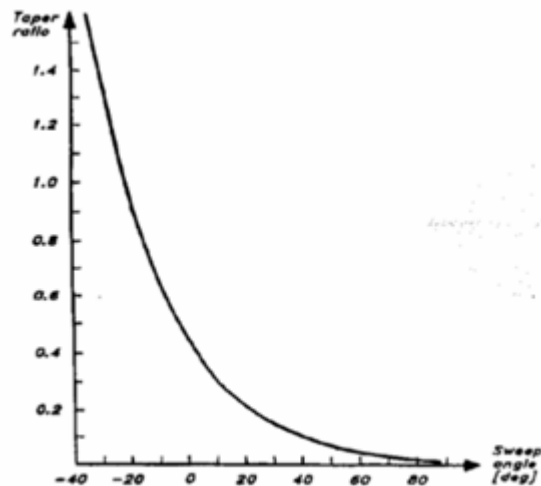


Figura 32. Relación afinamiento- ángulo de caída

En la siguiente gráfica se muestra la efectividad de diferentes relaciones de aspecto.

Tal efectividad se mide en relación con el coeficiente de levantamiento (CL) y con el ángulo de ataque o abatimiento ("Leeway Angle"). Larsson recomienda una relación de aspecto AR próxima a la unidad. Para ello la relación de aspecto ARe debe ser 2.

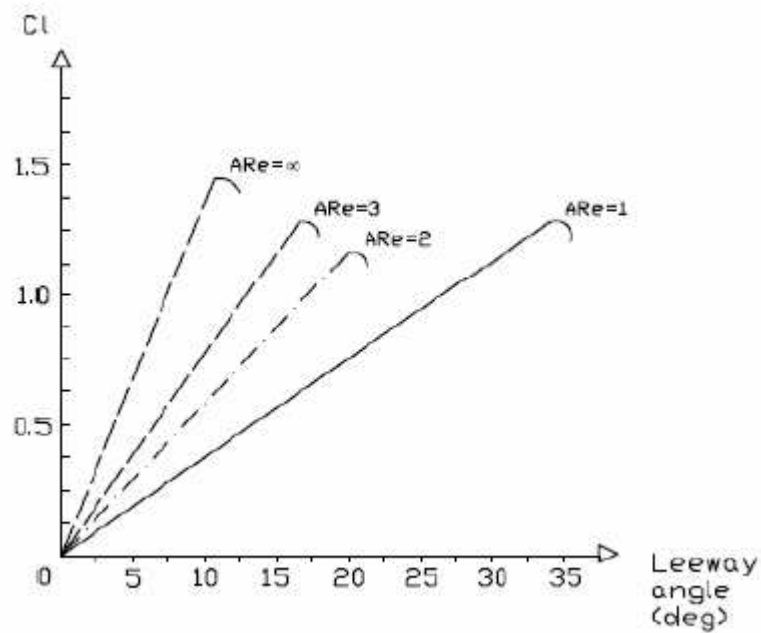


Figura 33. Relación coeficiente levantamiento-ángulo de ataque

La próxima gráfica muestra como aumenta el calado en función de la relación de aspecto y de la relación de afinamiento. Para una relación de afinamiento de 0,44 y una relación de aspecto de 2, el incremento de calado es aproximadamente de un 0,5%.

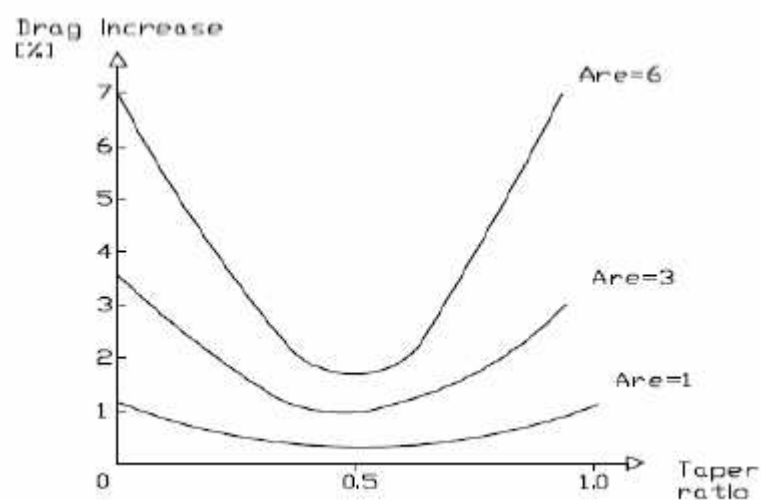


Figura 34. Calado en función de la relación de aspecto y de la relación de afinamiento

3.4.4 Creación orza

Como ya comentamos, la orza ha de cumplir dos misiones igualmente importantes, la de sustentación y la de poder albergar el peso de lastre.

Del cuaderno 1, obteníamos una superficie vélica de:

$$SA = 202m^2$$

Utilizando las relaciones Área apéndice/ superficie vélica vistas en apartados anteriores obtenemos:

$$\text{Área orza } (Spo) = SA * (0,035 \pm 0,0075) = 202 * (0,035 \pm 0,0075) = 7,08 \pm 1,52 m^2$$

Por tanto estoy creando un intervalo para el área de la orza de:

$$Spo \in [5,56: 8,61]m^2$$

Nos interesará el valor de área mas grande, ya que cuanto mas área lateral tengamos, menor será el perfil que necesitaremos en la orza para obtener el peso de plomo necesario para conseguir el valor del lastre previsto.

El calado de la orza (T_k), está. condicionado por el calado total de la embarcación (T) y el calado del casco (T_c), siendo este:

$$T_k = T - T_c \rightarrow T_k = 2,826 - 0,6686 = 2,14 m$$

La envergadura visto el calado total, la estaremos en 2,14 m.

Siendo la elección del área lateral 8,61 metros cuadrados, con el calado de la orza (T_k) podemos calcular la cuerda media (C_m):

Como el área lateral de la orza es $T_k \times C_m$;

$$Cm = \frac{Sq}{Tk} = \frac{8,61}{2,14} = 4,02 \text{ m}$$

La relación de aspecto (AR) es uno de los parámetros más relevantes en el rendimiento de la orza. Influye en el coeficiente de sustentación (CI) de forma que cuanto mayor sea la relación de aspecto mayor la sustentación desarrollada, y a su vez más fina y estilizada será la orza y como consecuencia de esto, menos capacidad de lastre influyendo de esta manera en la estabilidad inicial. Una vez ajustada el área lateral de la orza, se obtiene la cuerda media como se ha acaecido anteriormente, por lo que el valor de la relación de aspecto (AR) viene a consecuencia de esto, así que se analizará si este valor obtenido es el más adecuado. Según Larsson y Eliasson las relaciones de aspecto próximas a la unidad producen un aumento de resistencia menor.

$$AR = \frac{Tk}{Cm} = \frac{2,14}{4,02} = 0,53$$

A partir de este dato podemos calcular la relación de aspecto efectiva (AR_e), necesaria para cálculos posteriores.

$$AR_e = 1,5 * AR = 1,5 * 0,53 = 0,80$$

Modelizando la orza, tendremos:

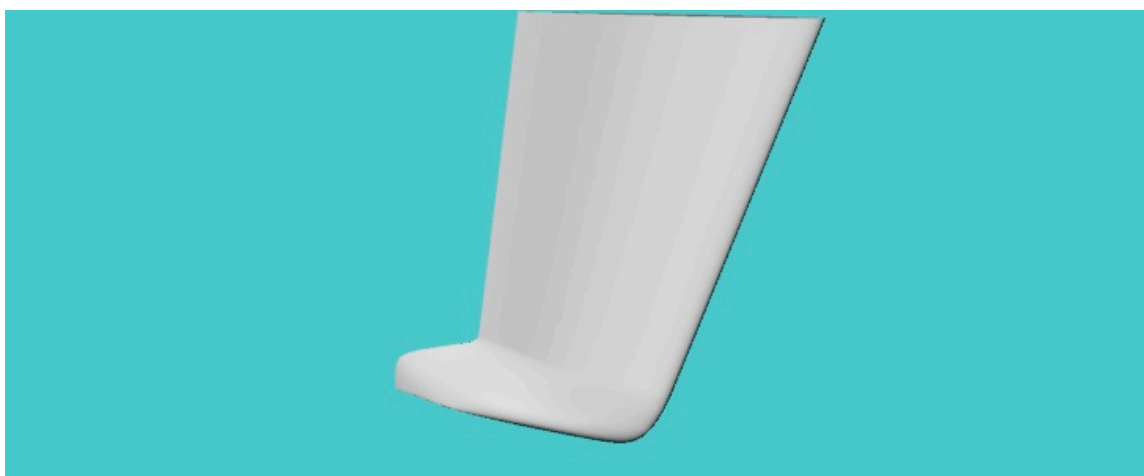


figura 35. Renderizado de la orza finalizada

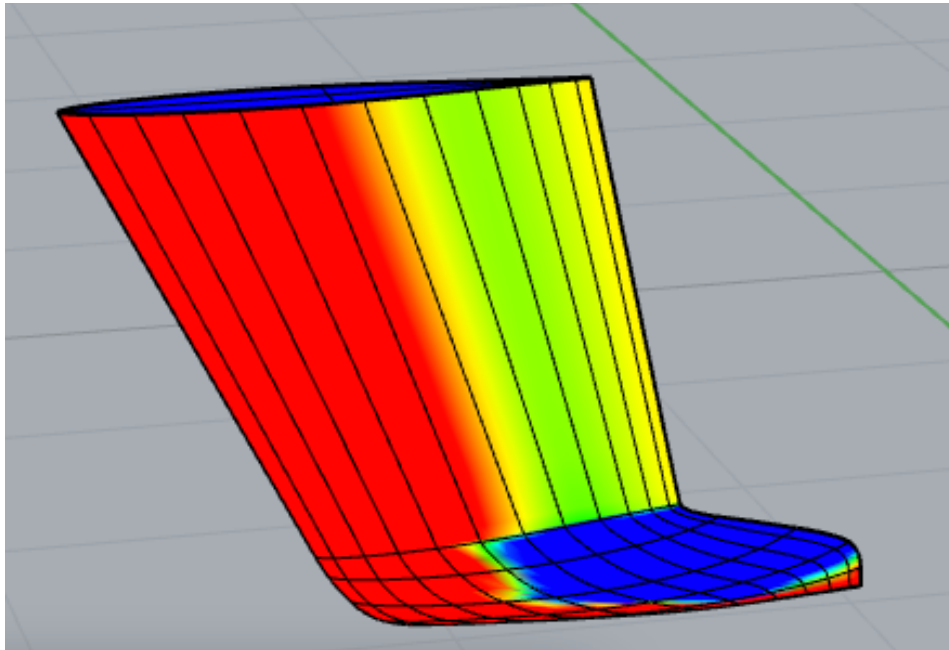


figura 36. Análisis de ángulo de desmoldeo

3.4.5 Cálculo de los pernos

La orza va sujeta al casco mediante unos pernos, cuyo diámetro mínimo requerido se debe averiguar mediante unos cálculos para no sobredimensionarlos, pero teniendo un margen

de seguridad. Para conocer dicho diámetro se usará la guía ABS, incluida en el libro Principles of Yacht Design.

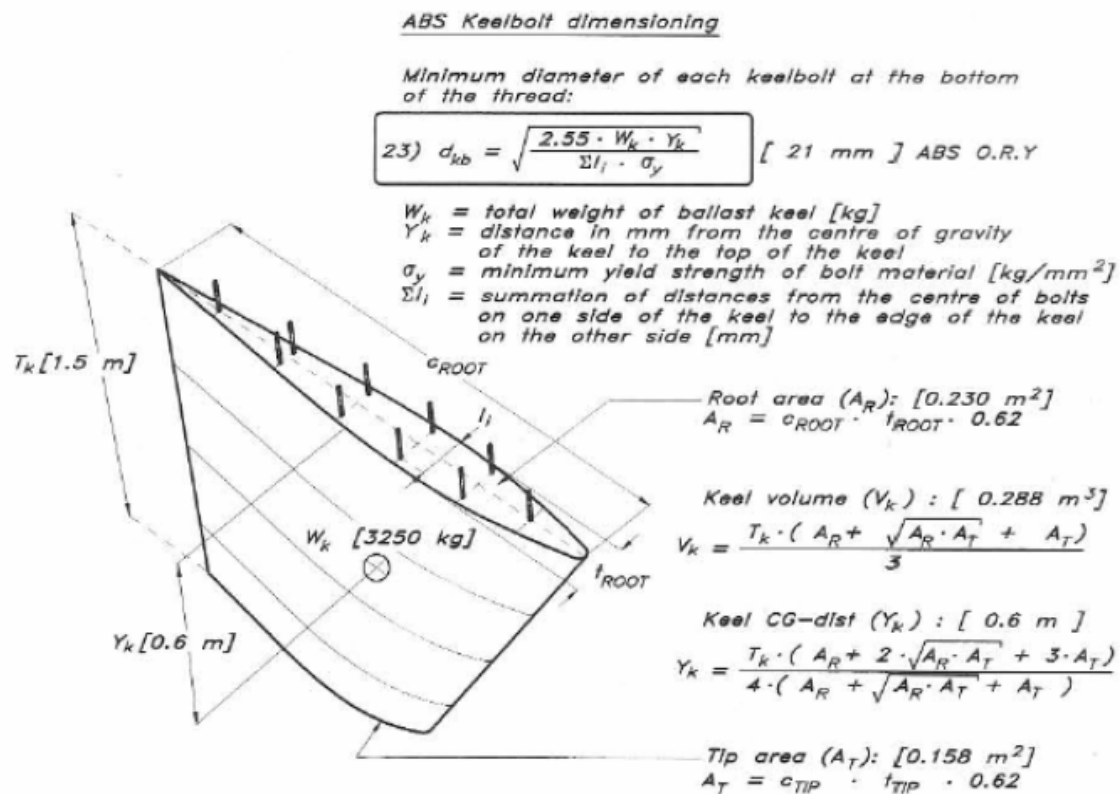


Figura 37. Cálculo de los pernos

Partiendo de datos conocidos se dispondrá. a hacer el caculo:

- Peso máximo de la orza $W_k=7354$ kg
- Calado de la orza $T_k=2,14$ m
- Acero inoxidable AINSI-316. $\sigma_y = 206 \frac{N}{mm^2} = 21 \text{ kg/mm}^2$

Hay que calcular primero el área de las secciones superiores e inferiores de la orza, así como el volumen total de la quilla, para ello podremos usar las fórmulas que propone el PYD, pero nos ayudaremos de los análisis de áreas del programa Rhinoceros para calcularlas.

- Área de la base superior $A_r=0,435$ m²

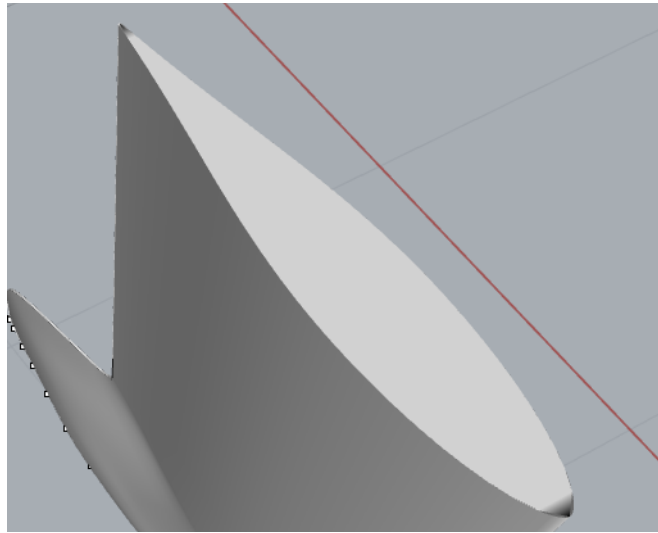


Figura 38. Parte superior orza

- Área de la base inferior $A_t = 0,214 \text{ m}^2$

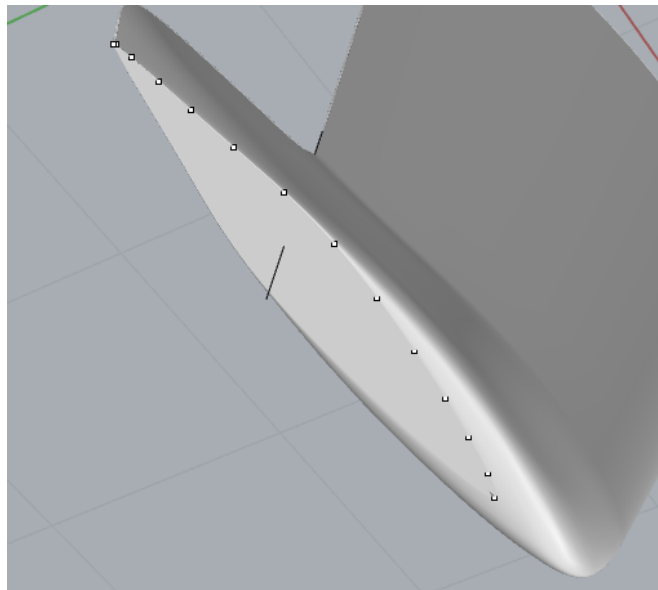


Figura 39. Parte inferior orza

- Volumen de la quilla: $V_k = 0,714 \text{ m}^3$

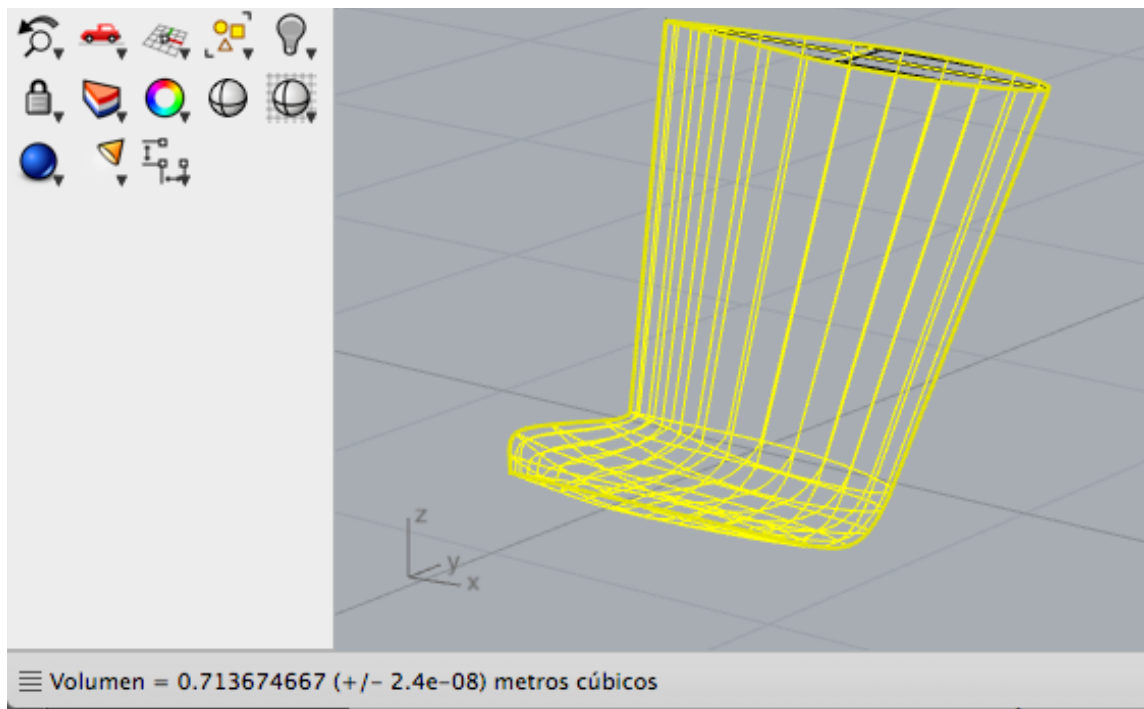


Figura 40. Cálculo de volumen en Rhinoceros

Podremos comprobar si el volumen se ajusta al peso previsto. La densidad del plomo, material a utilizar en la construcción de la orza será 11300 kg/m^3

$$\text{peso total} = \text{densidad material} * V_k = 11300 * 0,714 = 8056 \text{ kg}$$

podemos comprobar que el peso es superior al lastre necesario, para eso se le ha añadido a la quilla un talón o postizo, que normalmente será de otro material y será de gran ayuda a la hora de añadir o quitar peso de la misma. En muchas ocasiones, como regatas oceánicas o regatas por el mediterráneo, nos compensa añadir o quitar lastre, según condiciones. Este proceso necesitará un calculo posterior de estabilidad para certificar la seguridad del barco.

- Distancia desde el c.d.g. a la base superior Y_k

$$Y_k = \frac{T_k * (A_r + 2 * \sqrt{A_r * A_t} + A_t)}{4 * (A_r + \sqrt{A_r * A_t} + A_t)} = 726 \text{ mm}$$

- ΣI_i : Sumatoria de las distancias en mm desde el centro de los pernos de anclaje al lado opuesto

$$\Sigma li = l1 + l2 + l3 + l4 + l5 + l6 = 40,1 + 113,7 + 197,7 + 254,6 + 238,3 + 124,9 \\ = 970 \text{ mm}$$

Ahora mediante la siguiente formula podemos calcular el diámetro de los pernos:

$$d_{kb} = \sqrt{\frac{2,55 * Wk * Yk}{\Sigma li * \sigma_y}} = \sqrt{\frac{2,55 * 7354 * 726}{970 * 21}} = 25,85 \text{ mm} = 26 \text{ mm}$$

El resultado se ha redondeado al alza para no tener complicaciones a la hora de encontrar un tamaño comercial, así pues, tenemos que el diámetro de los pernos será 25 milímetros cada uno.

3.5 Diseño del timón

Las funciones del timón son:

- Dotar a la embarcación de suficiente maniobrabilidad en caso de tener que hacer alguna maniobra brusca y de imprevisto, bien sea ocasionada por causas de la mar o por otra circunstancia ajena a las inclemencias climatológicas.
- Proveer estabilidad direccional a la embarcación. Se refiere a que no se varíe la dirección de navegación con relativa facilidad.
- Aportar ayuda a la orza en la función de generar Fuerza Lateral para contrarrestar la fuerza creada por las velas.

Se dice que el timón está a la vía cuando su plano diametral coincide o es paralelo (en el caso de dos timones) al plano de crujía del barco. Su forma debe ser hidrodinámica para reducir al mínimo la resistencia al avance. El timón debe estar colocado en un extremo del buque para producir el máximo momento de guiñada con el mínimo aumento de resistencia, y normalmente en la zona de popa detrás de la hélice, para recibir la corriente de expulsión de la misma.

Con respecto al fundamento físico de la actuación del timón, hay que decir que éste actuará como un perfil independiente de la carena que está totalmente sumergido en

una corriente de fluido de velocidad uniforme. Cuando este perfil forma con la corriente un determinado ángulo, α , llamado ángulo de ataque, la distribución de las presiones en ambas caras del timón se modifica, de tal manera que se produce un aumento de presión de la cara interior (intrados), y una disminución de la misma (succión) por la cara exterior (extrados) del perfil.

La acción de estas dos variaciones de presión tiene, por tanto, el mismo sentido, sumándose sus efectos, y al actuar sobre la superficie del timón dan como resultado una fuerza perpendicular al mismo que se denomina Fuerza Normal (F_n). Si a esta fuerza le añadimos la Fuerza de Fricción (F_f), que es tangencial (paralela al perfil), se obtendrá como resultado la Fuerza Total (F_t), debida a la actuación del timón con un determinado ángulo de ataque.

Otra forma de descomponer la Fuerza Total, y es habitual en el estudio de perfiles aerodinámicos e hidrodinámicos, es considerarla como la suma de dos fuerzas, una denominada de Sustentación (L), que es perpendicular a la dirección del flujo, y otra denominada Resistencia (D), que tiene la misma dirección y sentido que el flujo.

Se llama Compensación al cociente entre el área a proa del eje de giro y el área total del timón. Se dice que el timón está compensado si el área a proa se extiende en toda la altura de la pala, y semicompensado si se extiende sólo en parte de la pala del timón. La compensación suele oscilar entre un 20% y un 30% del área total.

Hay que situar el eje en una posición tal que, en marcha adelante, el punto de aplicación de la Fuerza Normal esté a popa del eje de giro, de manera que al no actuar sobre el timón, éste tenga siempre tendencia a ir a la vía cuando el barco va adelante.

3.5.1 Perfil de timón

La función principal del timón será la de proporcionar una buena maniobrabilidad al barco. Por tanto a la hora de diseñarlo se considerará para que tenga la menor resistencia, siendo lo más común usar perfiles NACA debido a sus características hidrodinámicas, pues es altamente improbable la existencia de flujo "limpio".

Debido a que el timón opera a grandes ángulo, sobre todo navegando con oleaje, donde hay que realizar continuamente grandes correcciones de rumbo, es conveniente

utilizar una sección de 4 dígitos, las cuales dan su máxima sustentación a altos ángulos de ataque. No obstante, para embarcaciones ultraligeras, catamaranes y vela ligera, el ángulo de ataque requerido del timón es menor, lo que explica que se puedan utilizar secciones de las series 63. En cuanto a la relación de espesor, la mayoría de los yates usan porcentajes que oscilan entre un 12% como mínimo y un 15% como máximo.

Mostramos unas graficas para ver las comparativas entre el coeficiente de resistencia y el de sustentación y otra que representa la variación según el espesor y según la posición de mínima presión.

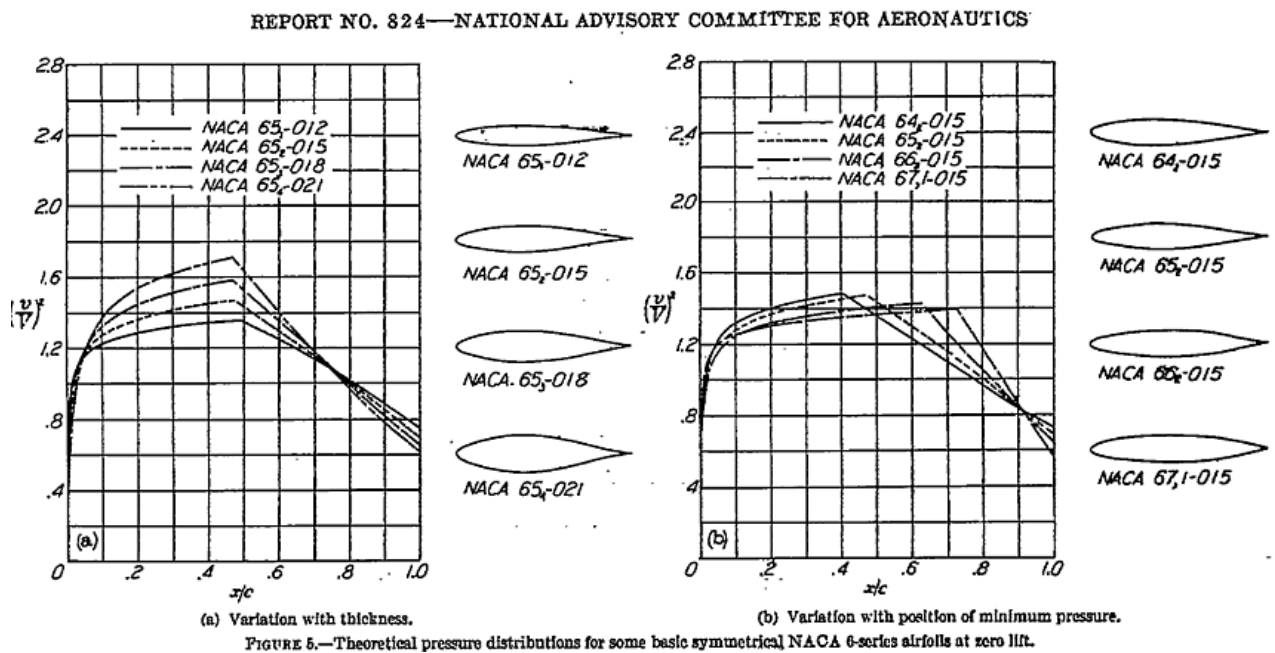


Figura 41. Perfiles NACA

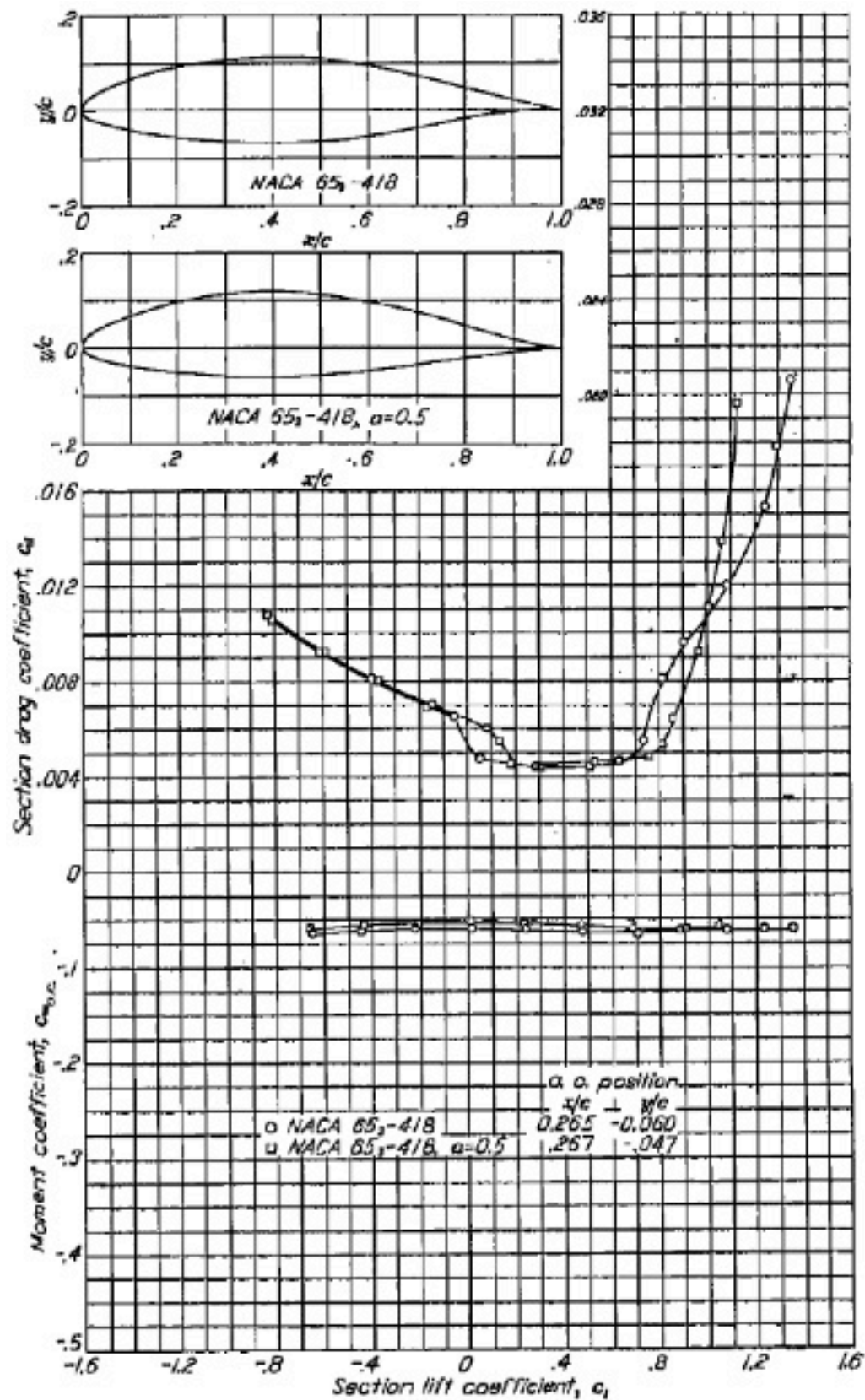


Figura 42. Perfiles NACA

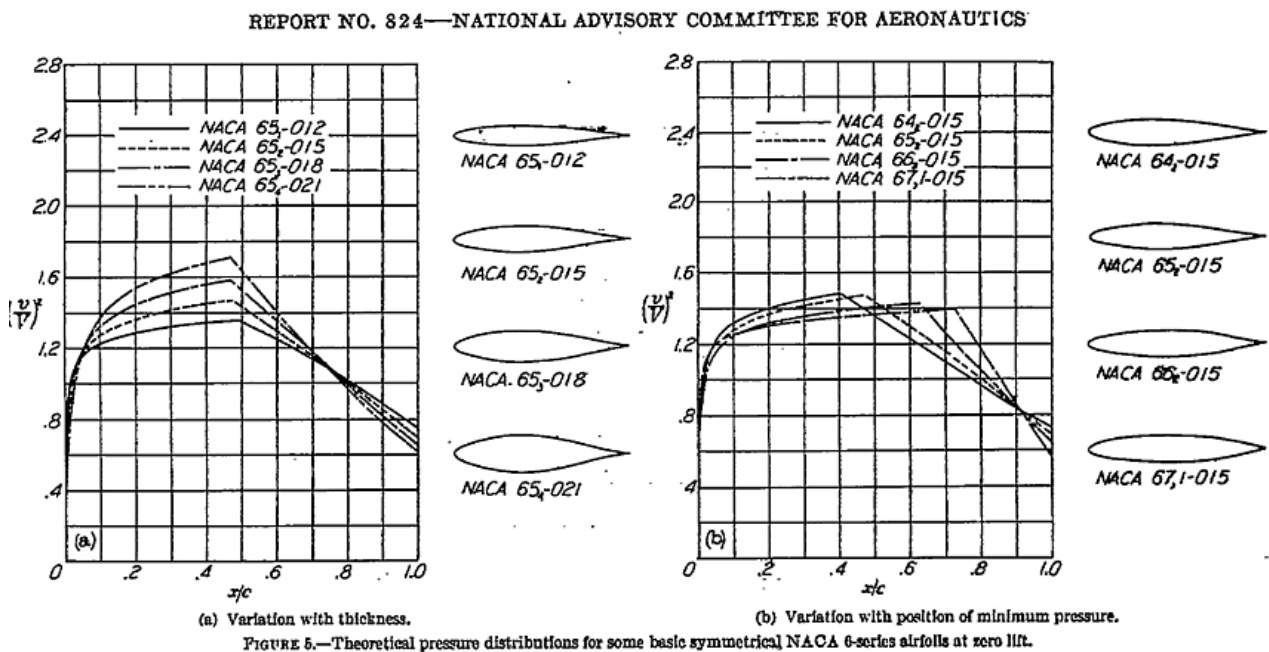


Figura 43. Perfiles NACA

Se observa que los perfiles anchos son los que producen mayor sustentación con menos resistencia. Siendo la principal función del timón la de mantener el rumbo, y ya que el área del timón comparativamente hablando es menor, por tanto puedo no considerar la resistencia viscosa, seleccionaré un perfil NACA 0012. Este perfil tiene un ángulo de pérdida casi tan amplio como los perfiles más anchos, sin embargo su coeficiente de resistencia es sensiblemente menor. Descartando la utilización de perfiles más estrechos debido a que producen un peor comportamiento a latos ángulos de ataque y alta resistencia a esos mismos ángulos.

Por último añadir que el timón trabaja en un campo de estela producido en este tipo de barcos bien por la hélice o bien por la orza, y que irá colocado de manera que la mecha sea perpendicular al casco.

3.5.2 Creación del timón

Para su diseño se tendrá en cuenta el valor de la superficie vélica que es:

$$SA = 202m^2$$

Utilizando las relaciones Área apéndice/ superficie vélica vistas en el apartado 2.2 obtenemos:

$$\text{Área timón}(St) = SA \cdot (0,015 \pm 0,005) = 202 \cdot (0,015 \pm 0,005) = 3,03 \pm 1,01 \text{ m}^2$$

Por tanto estoy creando un intervalo para el área del timón de:

$$St \in [2,02; 4,05]m^2$$

Nos interesará el valor de área intermedio, ya que el porcentaje de margen que tenemos es bastante amplio. Nos quedaremos con una superficie total de 3,3 m²

Una vez dicho esto, y teniendo en cuenta que en el caso que nos ocupe no es conveniente que el calado del timón supere al de la orza hemos estimado una longitud de pala de 1.95 m.

Así pues, nos quedaremos con unas medidas características como estas:

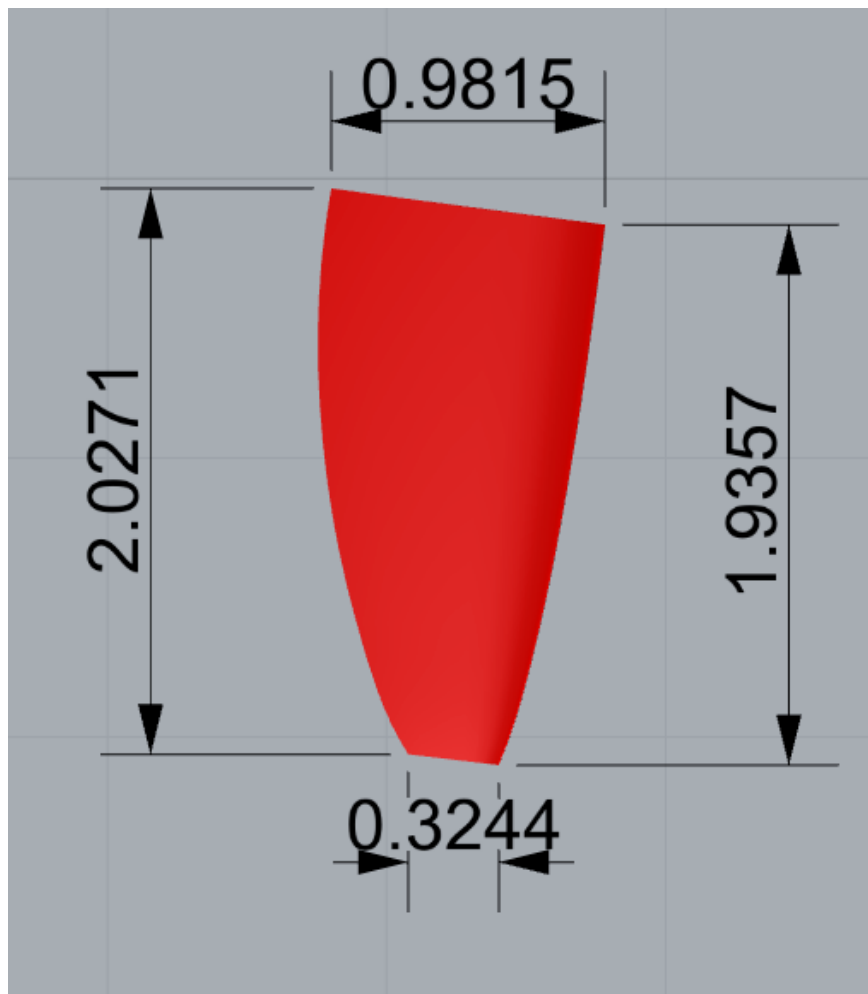


Figura 44. Detalles timón

Modelizando el timón vemos, las siguientes formas:

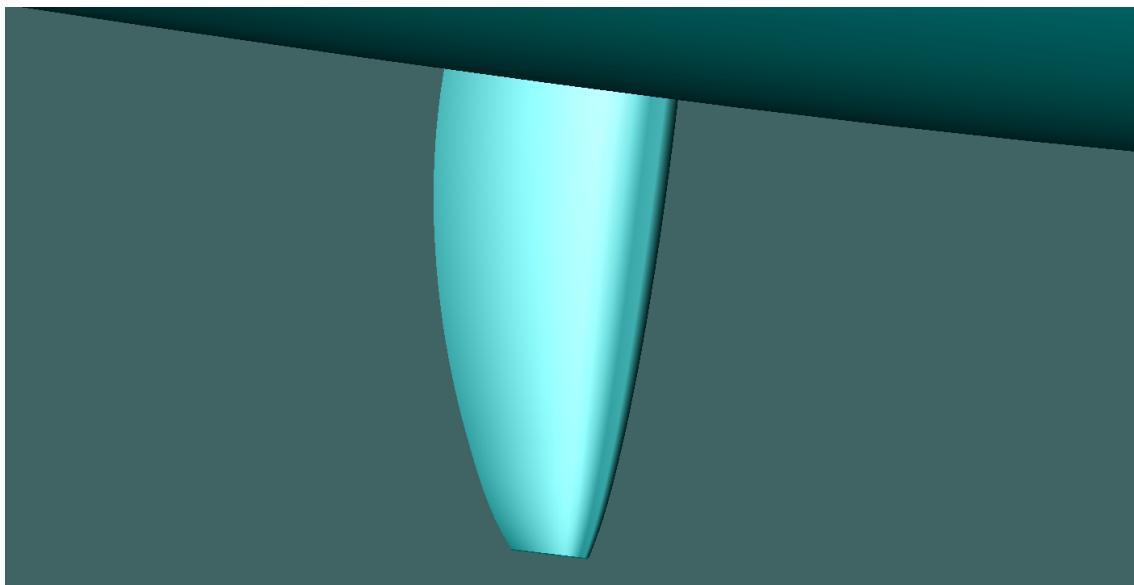
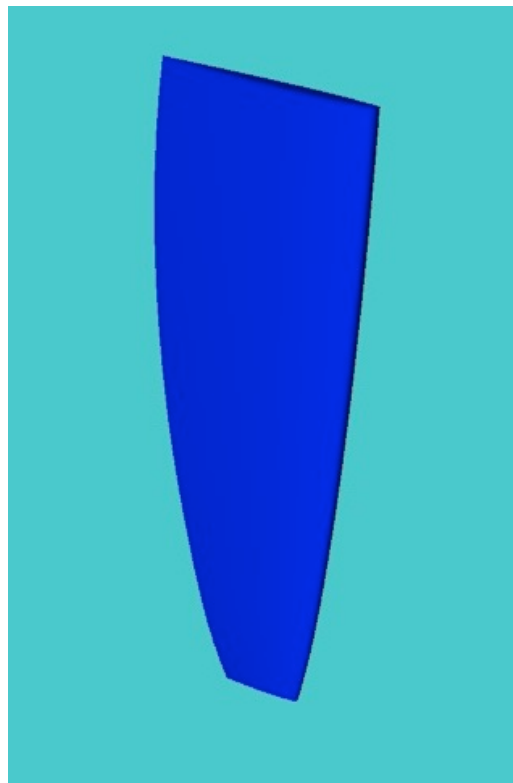


Figura 45-46. Perfiles timón

4 Resultados finales

La función principal una vez colocados los apéndices cambian los coeficientes y parámetros de la carena, tomando los siguientes valores:

Hydrostatics at DWL			
	Measurement	Value	Units
1	Displacement	19865,633	kg
2	Volume	19,381	m ³
3	Draft to Baseline	2,826	m
4	Immersed depth	2,826	m
5	Lwl	16,312	m
6	Beam wl	3,993	m
7	WSA	62,437	m ²
8	Max cross sect area	2,449	m ²
9	Waterplane area	44,316	m ²
10	Cp	0,485	
11	Cb	0,105	
12	Cm	0,247	
13	Cwp	0,68	
14	LCB from zero pt. (+	8,822	m
15	LCF from zero pt. (+	8,126	m
16	LCB from zero pt. (+	54,084	%
17	LCF from zero pt. (+	49,817	%
18	KB	2,516	m
19	KG	2,826	m
20	BMT	2,14	m
21	BMI	32,025	m
22	GMT	1,83	m
23	GMI	31,715	m
24	KMt	4,656	m
25	KMI	34,541	m
26	Immersion (TPc)	0,454	tonne/c
27	MTc	0,386	tonne.
28	RM at 1deg = GMT.Di	634,547	kg.m
29	Precision	Medium	50 stati

Density

VCG

Figura 47. Hidrostáticas finales

Cambia la curva de áreas que pasa a tener la siguiente forma:

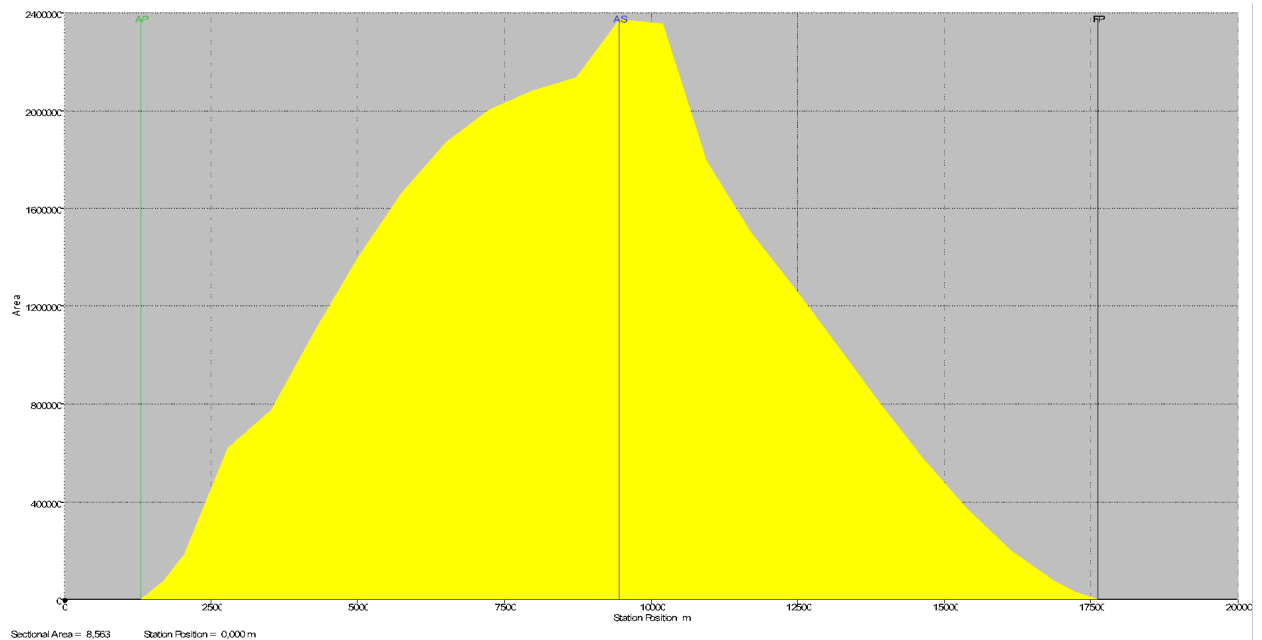


Figura 48. Curva de áreas final

Vemos un pico muy acusado por la orza, que se hace todavía más evidente en la zona del sable; una curva muy tendida en la proa afilada con formas más en V y más pendiente en la zona de popa que tiene formas en U con fondo plano.

Cabe observar que en barcos tan pequeños el timón tiene una incidencia apreciable que traduciría en un segundo pico a popa.

Si a partir de curvas como estas a distintos calados trazamos la curva de áreas de secciones de las diferentes cuadernas de trazado a diferentes calados obtendríamos las Curvas de Bonjean.

La carena modelizada tiene el siguiente aspecto:

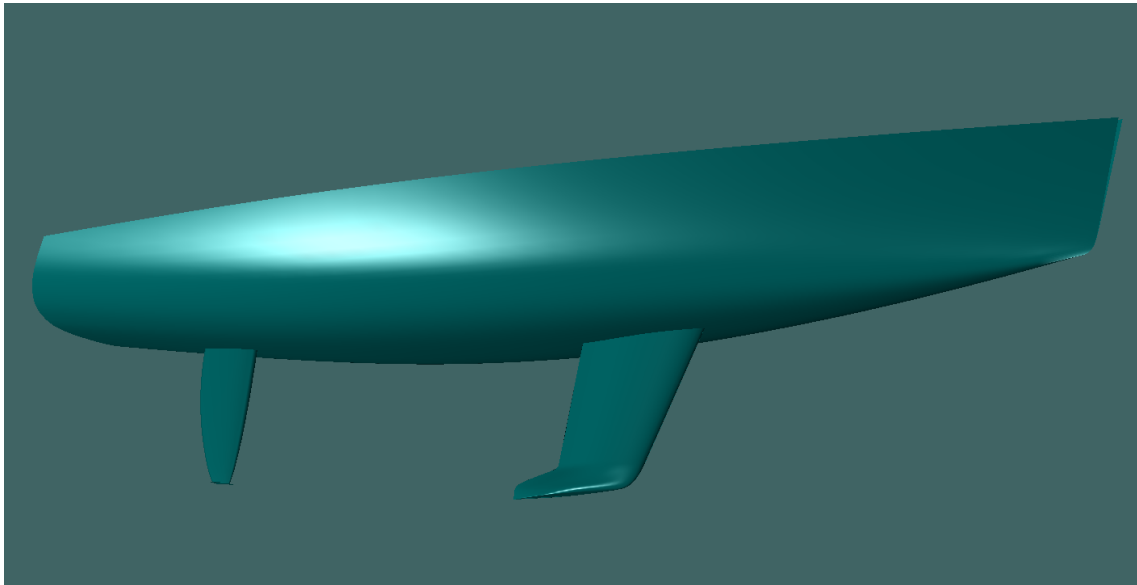


Figura 49. Casco con apéndices

Estudiamos la representación de longitudinales y posteriormente la gaussiana, para comprobar que no existen discontinuidades en los apéndices

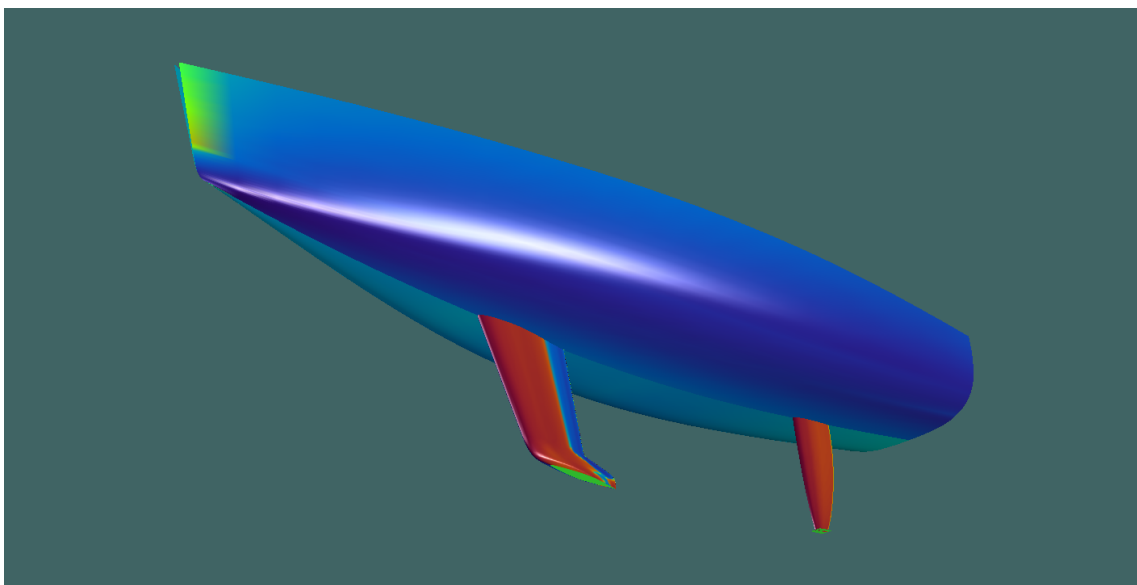


Figura 49. Casco con apéndices. Análisis curvatura

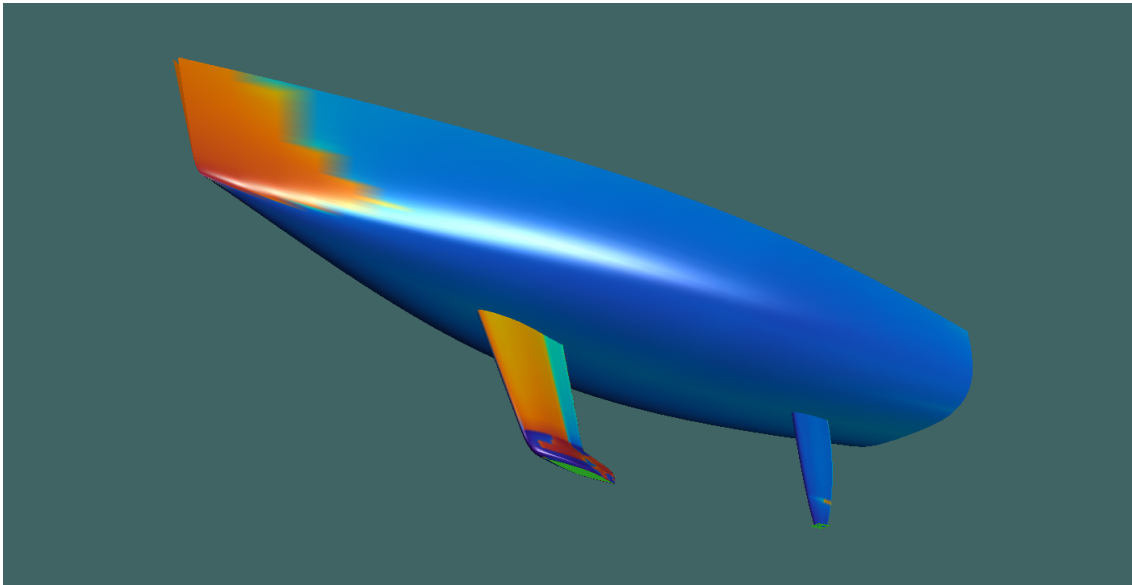


Figura 50. Casco con apéndices. Análisis Gauss

En el **ANEXO I** se presenta el plano de formas del barco final y su cartilla de trazado

4.1 Cálculo del “Lead”

En el apartado anterior de este cuaderno se diseñan las formas del casco, el estudio del aparejo se realizará en el cuadernillo 6, por lo que se estudian como dos sistemas independientes. A continuación se procede a realizar la unión de ambos para establecerlo como un sistema único.

Para ello se tienen en cuenta el centro de deriva del casco, o centro de resistencia lateral (CLR, Centre of Lateral Resistance), y el centro de esfuerzo vélico del aparejo, CE. La posición relativa entre ambos centros es un aspecto complicado de establecer pues de ella depende el que el barco navegue equilibrado o, en cambio, tienda a ser ardiente o blando. Este problema se agrava porque tanto la posición del centro vélico como la del centro de deriva varían su posición según ciertas circunstancias que se explican a continuación.

4.1.1 Cálculo del CLR, centro de resistencia lateral del casco.

En lo referente al casco, su centro de resistencia lateral varía según sea la escora, la velocidad y el grado de abatimiento. En general suele considerarse situarlo más a proa de lo que sería el centro geométrico del plano lateral sumergido. Debido a que las

formas sumergidas del casco varían según la escora, su centro de resistencia lateral se moverá también de acuerdo con la escora. En rumbo de ceñida este punto se mueve notablemente hacia proa y va desplazándose hacia popa a media que el rumbo es más abierto.

El método elegido para su cálculo es el seguido por el profesor Gerritsma con la modificación que realizan Lars Larsson y Rolf e Eliasson.

La modificación de este método consiste en que, en vez de localizar los centros de los tres elementos de la obra viva (casco, orza y timón) y luego establecer correcciones hidrodinámicas, se simplifica todo este proceso teniendo sólo en consideración la orza.

Para ello se extienden las proyecciones de los bordes de ataque y de salida de la orza hasta la línea de flotación. El CLR se encuentra situado sobre una línea tomada al 25% de la cuerda desde el borde de ataque y al 45% del calado total medido desde la flotación.

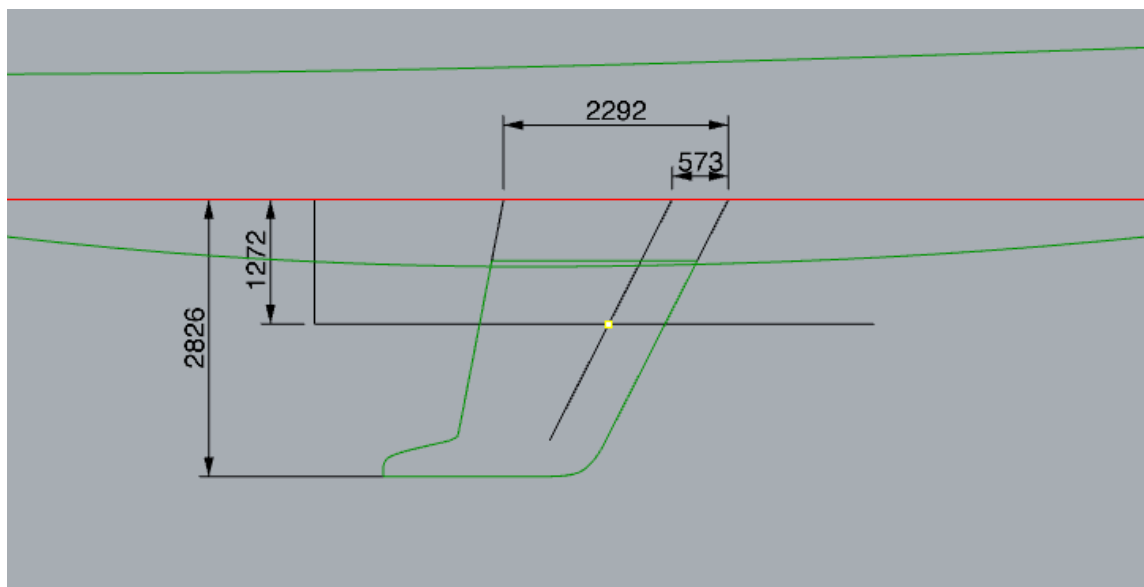


Figura 51. Cálculo de CLR

4.1.2 Aplicación del "Lead".

En general, por estar las velas orientadas con cierto ángulo respecto a crujía y por

navegar el velero con cierto ángulo de escora, el centro vélico se encuentra desplazado más a sotavento que el centro de deriva del casco. Cuanto más escora tenga el barco más notable será la distancia entre estos centros. El rumbo de ceñida es el que más acusa estos efectos pues el barco navega más escorado debido a que el empuje de las velas es casi perpendicular al eje longitudinal sobre el que el barco escora. Para rumbos más abiertos el empuje tiene más componente al avance que lateral y la escora es menos acusada reduciéndose la distancia entre los dos centros en cuestión.

Fig. 177

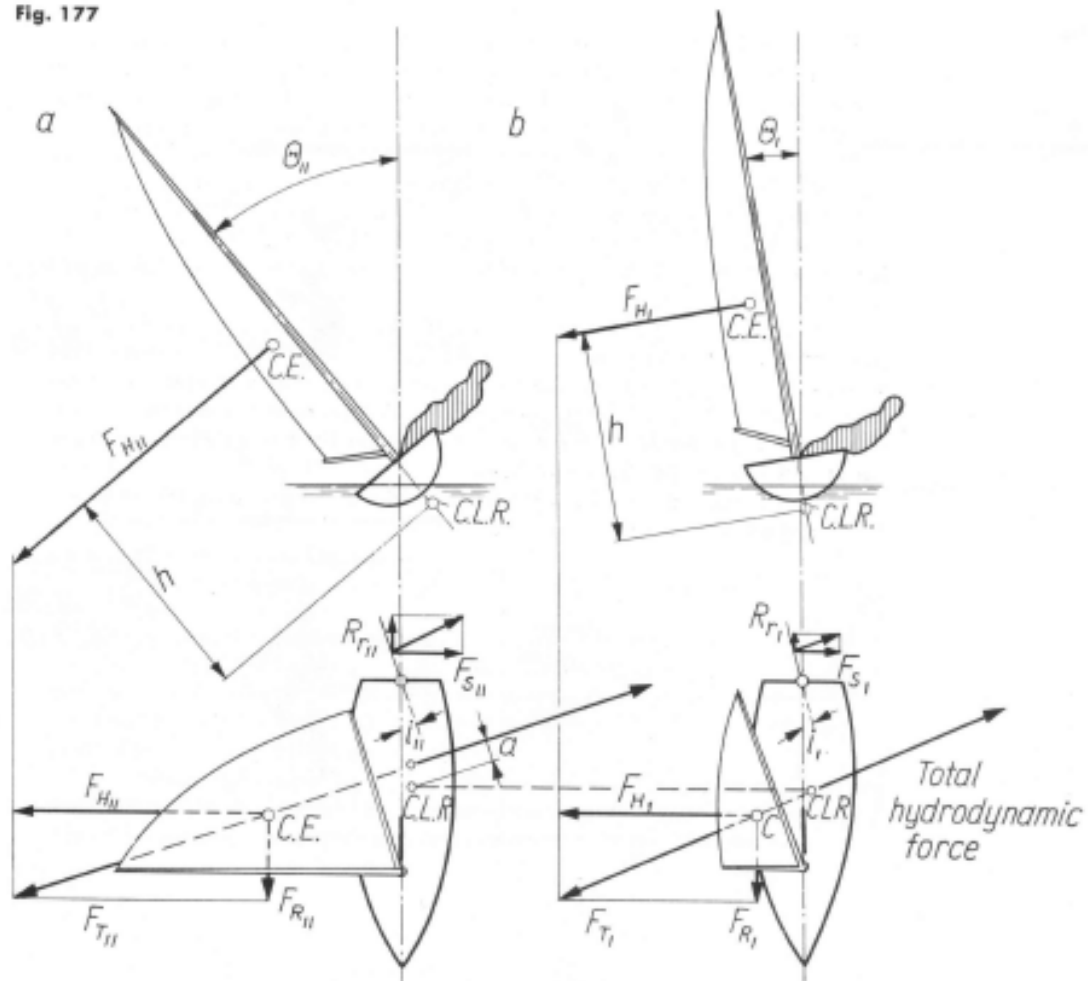


Figura 52. Efecto de la escora en el equilibrio del velero.

En esta figura puede verse que con poco ángulo de escora, figuras de la derecha, el empuje vélico y la resistencia lateral del casco están alineados navegando entonces en equilibrio. Cuando la escora aumenta los centros de estas resultantes ya no se

encuentran alineados y se produce un par de fuerzas, con un brazo "a" en el dibujo, que rompe el equilibrio y hace que el barco se vuelva ardiente y tienda orzar. Esto obliga a meter el timón para gobernar generando resistencia y frenando el casco.

Para compensar este efecto es necesario establecer que el centro vélico se encuentre más a proa que el centro de deriva. A la distancia entre estos centros se denomina en inglés "lead" y su magnitud se designa como un porcentaje de la eslora de flotación.

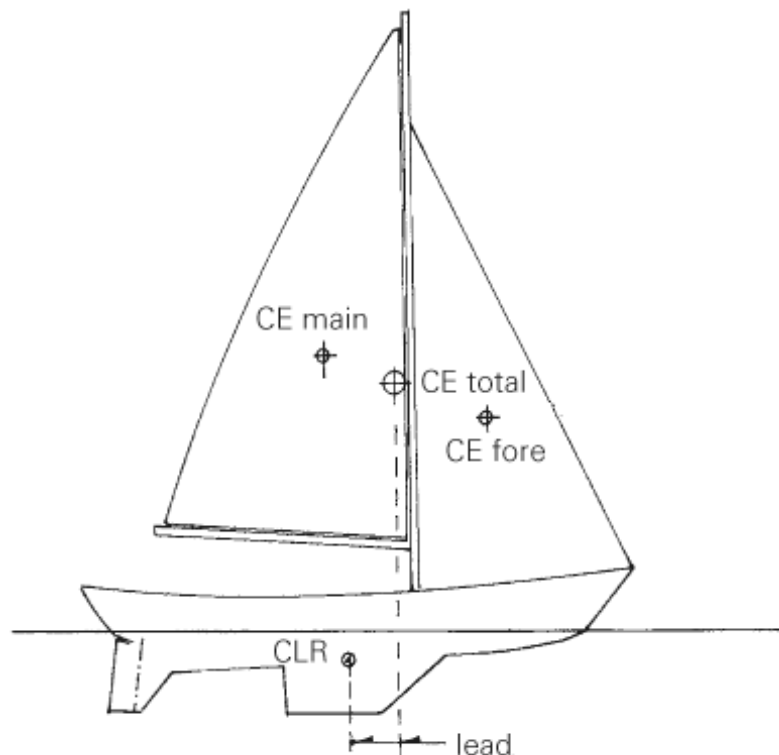


Figura 53. Lead, relación entre el CLR y el CE.

En opinión de muchos diseñadores es mejor establecer un lead algo más bajo de lo que sería su punto óptimo. Desde el punto de vista de la navegación, se prefiere establecer un mínimo desequilibrio para sentir efecto en el timón.

Por otro lado es bueno que el lead esté pensado para que el CE esté más a popa del óptimo. De esta manera el barco tiende a ser ardiente. Esto hace que la navegación sea más segura. Ante una racha fuerte que hace escorar el barco, este tenderá a aproarse al viento descargando las velas, no siendo así si el lead fuese demasiado alto pues haría que el barco arribase cazando las velas todavía más viento. En el otro

extremo si el lead es demasiado corto el efecto de orzada cuando carga la racha puede ser muy incómodo si es exagerado. El timón no responderá adecuadamente y entrará en pérdida.

Por tanto para este proyecto el lead se elige cercano al óptimo pero algo menor.

Entre la literatura de diseño de yates es difícil encontrar el lead adecuado para un barco. Cada diseñador establece el suyo fruto de su experiencia corrigiendo anteriores diseños desequilibrados. Asimismo es difícil conocer qué criterio ha escogido para establecerlo como puede ser el método que se haya seguido para calcular el CE y el CLR.

En general los valores entre los que puede encontrarse este parámetro varían entre 5 y 15% de la eslora de flotación. Para veleros con aparejo Ketch el lead suele rondar valores de entre el 11 y el 15% si los barcos son de quilla larga. Para quilla corta se sitúa entre 5 y 9%.

Para este proyecto, al no tener en cuenta los tres puntos, exclusivamente el de la orza, lo entendemos como un método de comprobación aproximado

LEAD:244 mm

Otro aspecto que debe tenerse en cuenta es que este valor se proyecta para el velamen principal de ceñida. Cuando se utilizan diferentes velas y cuando se rizan éstas el movimiento del CE puede modificar el lead.



Figura 54. Movimiento del CE si se modifica el velamen.

Esta figura representa como se desplaza el CE en relación al CLR según se van rizando y cambiando las velas.

Por tanto el diseño debe ser flexible de manera que pueda corregirse el desplazamiento del CE y variar el lead de manera acorde con la situación en navegación que se presente. Modificar el CLR es imposible pues el casco es sólido.

Pero el aparejo puede trimarse de manera que se sitúe el CE en la posición más conveniente.

En la siguiente figura se observa cómo se desplaza el CE cuando se modifica la caída del palo mediante la jarcia firme para poder alinearlos con el CLR.

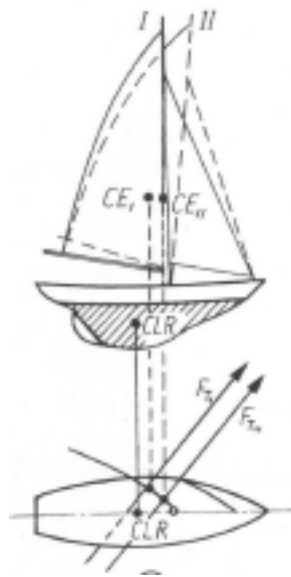


Figura 55. Desplazamiento del CE mediante la caída del palo.

Aspecto que se tiene en cuenta en el diseño de la jarcia para poder desplazar el CE de manera que un rango suficiente para hacer frente a las diferentes situaciones de equilibrio con el CLR.

En el **ANEXO II** se presentará el calculo geométrico del LEAD

5 Conclusión

	Dimensiones C1	Casco PROYECTO	Casco PROYECTO (con apéndices)
L	18 m	18 m	18 m
B	4,9 m	4,89 m	4,89 m
T	0,686 m	0,686 m	2,826 m
Lwl	15,92 m	16,312 m	16,312 m
Bwl	4,25 m	3,995 m	3,995 m

Cp	0,605	0,545	0,485
Cb	0,41	0,416	0,105
Cm	0,68	0,801	0,247
Desplazamiento	19500	19063	19865

Como ya hemos comentado, en ciertos parámetros existe una diferencia clara entre los datos calculados en el cuaderno 1 y el barco con y sin orza. Los valores eslora en flotación, manga en flotación, coeficiente prismático y coeficiente de la maestra varían debido sobre todo a las formas y los apéndices, ya que en los cálculos preliminares de coeficientes estos se excluyen por completo, por lo que no es raro que el coeficiente de bloque para el barco con orza y timón sea tan bajo. No existe bloque, los apéndices son muy estrechos en comparación con la manga del barco y el calado aumenta dando lugar a un coeficiente bajísimo.

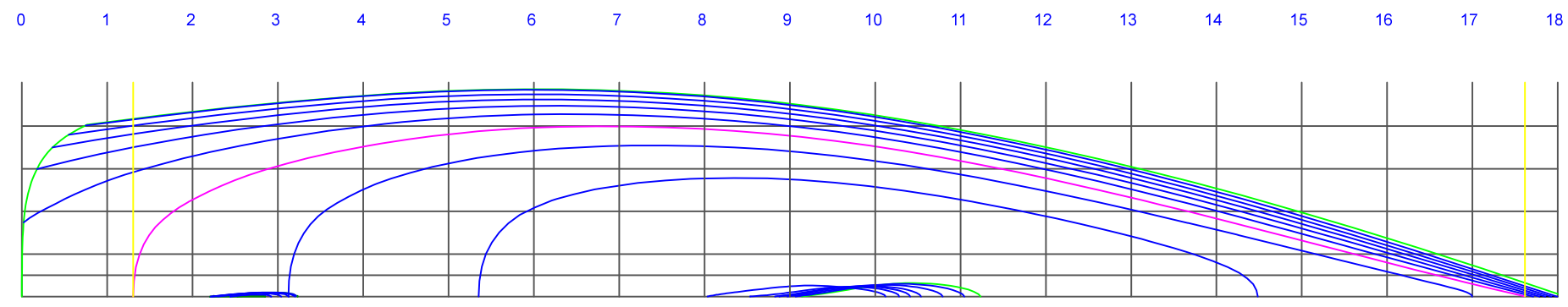
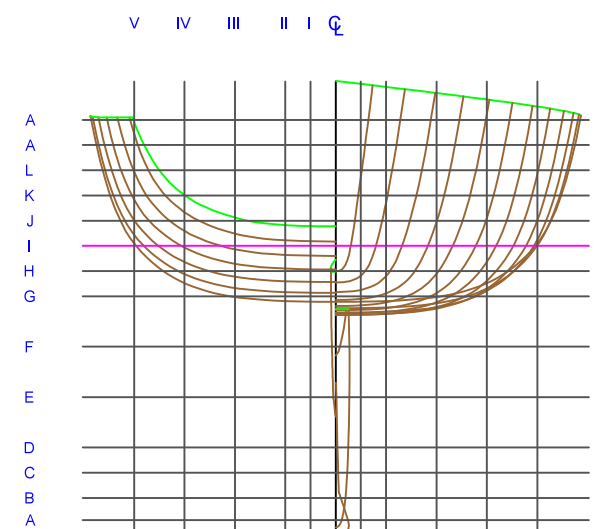
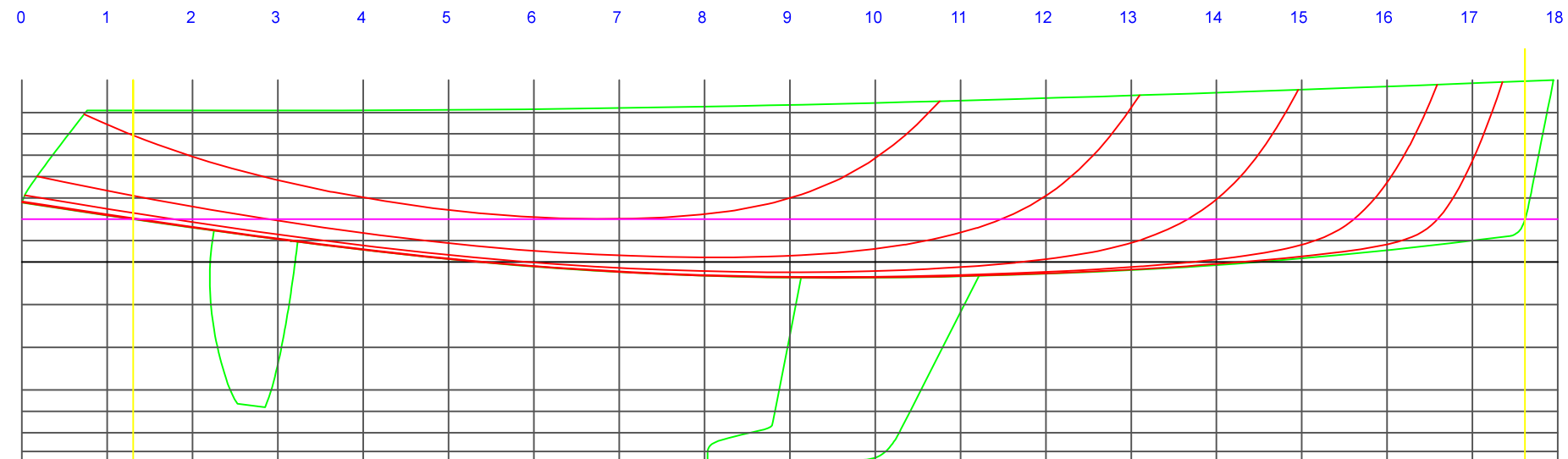
6 Bibliografía

- "Las Velas, comprensión, trimado y optimización", Bertrand Chéret.
- "Manual de maniobra", Eric Tabarly.
- "Navegación con mal tiempo", Adlard Coles y Peter Bruce.
- "Principles of Yacht Design", Lars Larsson y Rolf E Eliason.
- "Proyectos de embarcaciones deportivas a vela", Joaquín Coello y Pedro Morales.
- "Sail Performance, Theory and Practice", C.A. Marchaj.
- "Sailing Yacht Design", Douglas Phillips Birt.
- "Sailing Yacht Design", Robert G. Henry y Richards T. Miller.
- "Sailmaker's Apprentice", Emiliano Marino.
- "Sails", Jeremy Howard Williams.
- "Seaworthiness, the forgotten Factor",
- "A Toda Vela", Ian Nicolson.

ANEXO I

En el se presentan el plano de formas y la cartilla de trazado finales

OFFSETS	secc1	secc2	secc3	secc4	secc5	secc6	secc7	secc8	secc9	secc10	secc11	secc12	secc13	secc14	secc15	secc16	secc17
b 1	----	----	----	0	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
b 2	----	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
b 3	----	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
b 4	----	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	----	----
b 5	----	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	----	----	----	----	----	----
DWL	----	----	1,138	1,533	1,760	1,905	1,982	-1,998	-1,967	-1,888	-1,762	-1,593	-1,391	-1,162	-0,913	-0,655	-0,396
wl 1	----	----	----	1,303	1,616	1,795	1,891	-1,920	-1,898	-1,826	-1,704	-1,537	-1,338	-1,112	-0,869	-0,617	-0,366
wl 2	----	1,102	1,504	1,749	1,920	2,031	2,085	-2,087	-2,046	-1,962	-1,832	-1,660	-1,456	-1,225	-0,971	-0,704	-0,433
wl 3	----	1,587	1,804	1,967	2,087	2,167	-2,202	-2,192	-2,143	-2,053	-1,919	-1,745	-1,540	-1,306	-1,047	-0,771	-0,485
wl 4	----	1,804	1,963	2,092	2,192	2,259	-2,286	-2,269	-2,216	-2,122	-1,986	-1,811	-1,605	-1,370	-1,109	-0,826	-0,530
wl 5	----	1,928	2,064	2,179	2,269	2,329	-2,352	-2,332	-2,276	-2,180	-2,042	-1,866	-1,660	-1,424	-1,161	-0,874	-0,570
wl 6	----	2,014	2,138	2,245	2,330	2,387	-2,407	-2,386	-2,328	-2,230	-2,090	-1,914	-1,707	-1,472	-1,207	-0,917	-0,607
wl 7	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-1,751	-1,515	-1,250	-0,957	-0,642
ALTURAS																	
b 1	----	----	----	-0,235	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
b 2	----	0,046	-0,098	-0,233	-0,357	-0,465	-0,553	-0,617	-0,660	-0,682	-0,682	-0,665	-0,635	-0,590	-0,525	-0,437	-0,295
b 3	----	0,055	-0,090	-0,226	-0,351	-0,459	-0,547	-0,611	-0,653	-0,674	-0,673	-0,653	-0,617	-0,561	-0,471	-0,299	0,481
b 4	----	0,121	-0,034	-0,178	-0,307	-0,419	-0,507	-0,569	-0,608	-0,622	-0,607	-0,560	-0,470	-0,277	0,238	----	----
b 5	----	1,106	0,732	0,456	0,252	0,108	0,022	0,003	0,058	0,246	0,710	----	----	----	----	----	----
DWL	----	----	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
wl 1	----	----	----	-0,100	-0,100	-0,100	-0,100	-0,100	-0,100	-0,100	-0,100	-0,100	-0,100	-0,100	-0,100	-0,100	-0,100
wl 2	----	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
wl 3	----	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
wl 4	----	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650
wl 5	----	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900
wl 6	----	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150
wl 7	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400

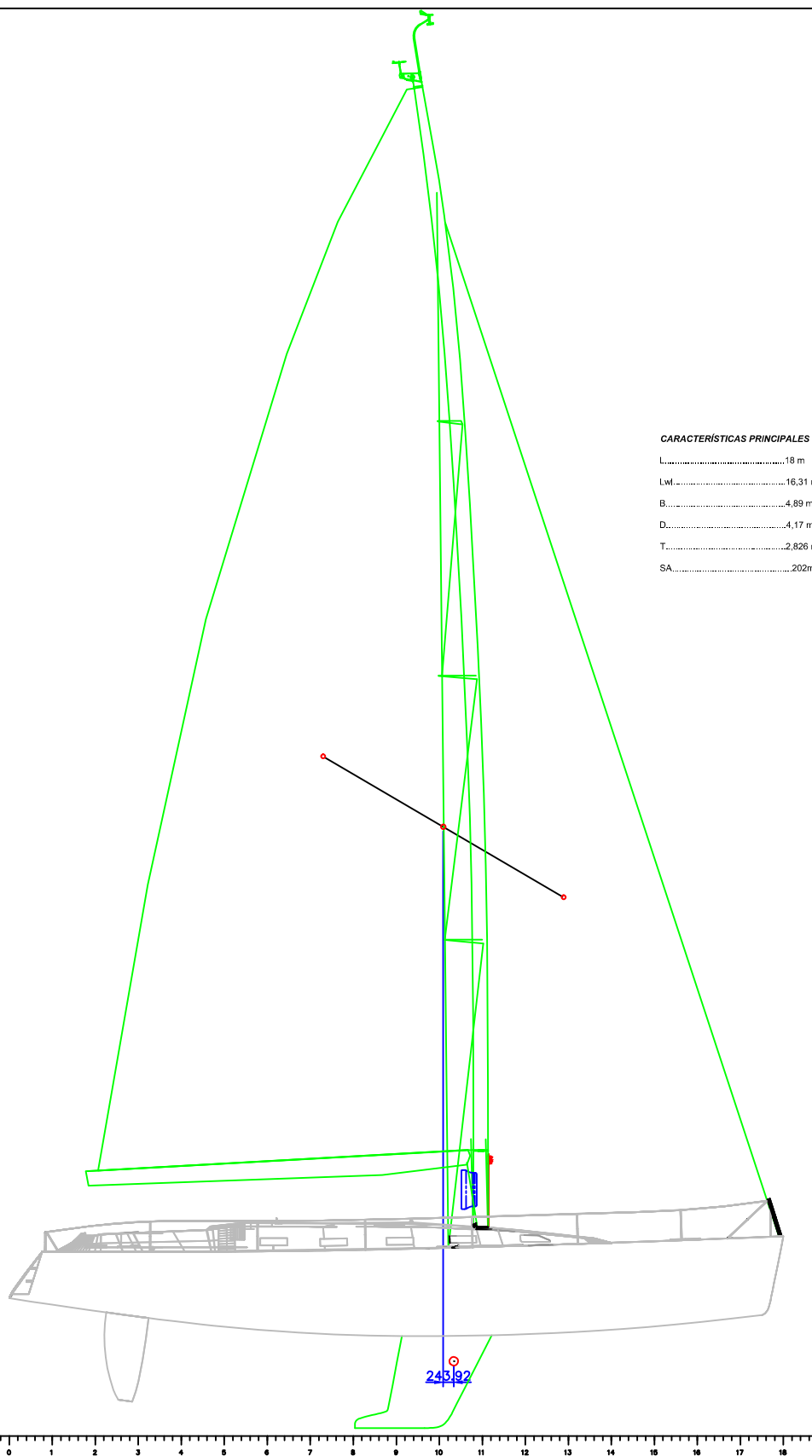


CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	
L.....	18 m
Lwl.....	16,31 m
B.....	4,89 m
D.....	4,17 m
T.....	2,826 m
SA.....	202m²

Escola Politécnica Superior UNIVERSIDADE DA CORUÑA		Proyecto N°:14-106
Proyecto: VELERO OCEÁNICO DE 60 PIES DE ESLORA		Fecha: SEP 2014
Título del Plano: Plano de Formas	Plano N°: 01	ESCALA 1:75
Autor: PABLO ENRIQUE GONZÁLEZ SÁNCHEZ		Firma:

ANEXO II

En el se presenta el cálculo geométrico del LEAD del barco



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES
 L.....18 m
 LWL.....16,31 m
 B.....4,89 m
 D.....4,17 m
 T.....2,826 m
 SA.....202m²

Escola Politécnica Superior UNIVERSIDADE DA CORUÑA		Proyecto N°: 14-106
Proyecto: VELERO OCEÁNICO DE 60 PIÉS DE ESLORA		Fecha: SEP 2014
Título del Plano: Cálculo geométrico LEAD	Plano N°: 01	ESCALA 1:150
Autor:PABLO ENRIQUE GONZÁLEZ SÁNCHEZ		Firma:

2014

Cuaderno 4

Cálculos de Arquitectura Naval

VELERO TIPO OCEÁNICO 60 PIES DE ESLORA



GRADO EN ARQUITECTURA NAVAL

Autor: **PABLO ENRIQUE GONZÁLEZ SÁNCHEZ**

Tutor: **MARCOS MÍGUEZ GONZÁLEZ**



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

PROYECTO FIN DE GRADO EN ARQUITECTURA NAVAL

CURSO 2.012-2013

PROYECTO NÚMERO 14-106

TIPO DE BUQUE: Velero tipo oceánico de 60 pies de eslora

MATERIAL DEL CASCO: Materiales compuestos

CLASIFICACIÓN , COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: Bureau Veritas, Solas, Reglamentación ISO-UNE.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Las específicas para este buque

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA : 10 nudos al 90% MCR. 350 millas.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA : Las habituales en este tipo de buques.

PROPULSIÓN : Vela + 1 motor diesel.

TRIPULACIÓN Y PASAJE : 8 tripulantes/pasajeros

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES : Un mástil y demás elementos para la navegación en este tipo de buque

Ferrol, Febrero de 2.013

ALUMNO : D:/Dª Pablo Enrique González Sánchez

OBJETIVO:

En el presente cuaderno se realizarán los correspondientes cálculos de arquitectura naval, así como indicaciones respecto a la distribución de sus compartimientos y tanques:

- Tabla de características hidrostáticas
- Tabla de brazos de adrizamiento KN
- Planos de compartimientos y tanques
- Tabla de capacidades y centros de gravedad de los tanques

Los datos de partida de la embarcación son:

Eslora Total.....18,00m
Eslora Flotación.....16,31m
Manga.....4,89m
Puntal.....4,17 (2,03 sin apéndices) m
Calado2,826 (0,686 sin apéndices) m
Desplazamiento.....19865 kg
Cb.....0,416
Cp.....0,545
Cm.....0,801
Superficie Véllica.....202m²
Número de Tripulantes.....8 (2 tripulantes y 6 pasajeros)
Categoría de Navegación.....A (Oceánica)

1	INTRODUCCIÓN.....	5
2	CARACTERÍSTICAS HIDROSTÁTICAS	5
2.1	CURVAS HIDROSTÁTICAS.....	5
2.2	CURVAS DE ÁREAS	6
2.3	CARENAS INCLINADAS. CURVAS KN	6
3	COMPARTIMENTACIÓN	8
3.1	MAMPAROS ESTRUCTURALES.....	8
4	CAPACIDAD Y DISPOSICIÓN DE TANQUES	9
4.1	TANQUES DE GASOIL	9
4.2	TANQUES DE AGUA	10
4.3	DISPOSICIÓN TANQUES	11
5	BIBLIOGRAFÍA.....	14
ANEXO I.....		15
ANEXO II		43
ANEXO III.....		45
ANEXO IV		48
ANEXO V.....		57

1 Introducción

En este cuaderno se presentarán los cálculos de Arquitectura Naval propios de todo proyecto, que incluyen:

- Cálculos hidrostáticos y curvas de características hidrostáticas.
- Curvas de Forma
- Curvas de áreas seccionales
- Cálculos de carenas inclinadas para obtener los brazos de adrizamiento.
- Determinación de las capacidades y centros de gravedad de todos los tanques del buque.

Las hidrostáticas y la estabilidad representan quizás los aspectos más importantes de un diseño, ya que las propiedades de un barco en este sentido reflejan su habilidad para llevar el peso necesario y para soportar el momento escorante impuesto por las velas. Se debe hacer notar que el conocimiento exacto de la estabilidad se restringe únicamente al caso estático, cuando no hay ninguna ola en la superficie del mar.

Los cálculos se harán en el programa Hidromax, módulo asociado a Maxsurf que realizará los cálculos anteriores mencionados integrando los cortes definidos en la superficie tipo NURBS.

2 Características hidrostáticas

2.1 Curvas hidrostáticas

En las curvas hidrostáticas se representan para cada calado las características hidrostáticas relacionadas con el área de flotación (A_W , LCF , I_L , I_T), con el volumen sumergido del casco (Volumen de desplazamiento, LCB y KB) y con las propiedades de las secciones (áreas transversales de cada sección hasta la flotación correspondiente) o Curvas de Bojean.

Las curvas hidrostáticas que se van a obtener corresponden a calados comprendidos entre 2,5 y 3,5 m, empleando incrementos de 0,1m. Estas curvas hidrostáticas se han elaborado para asientos de 0, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 tanto positivos como negativos.

Las curvas hidrostáticas se presentan en el **ANEXO I**, junto con las tablas necesarias para su elaboración.

En dicho anexo también se incluyen las curvas de forma, en las que se muestran todos los coeficientes de forma (prismático, bloque, área de flotación y maestra) para cada calado.

Se debe indicar que los cálculos de los coeficientes que se presentan en las tablas del **ANEXO I** están referidas al casco con sus apéndices. Se tomará como línea base, el fondo de la orza.

2.2 Curvas de áreas

La curva de áreas representa el área bajo la flotación de cada sección transversal para cada posición longitudinal a lo largo de la eslora del buque.

En el **ANEXO II** se muestra esta gráfica.

La forma de la curva de áreas representa lo lleno o lo fino que son las formas del buque, que es un factor importante en la resistencia y propulsión del buque.

2.3 Carenas inclinadas. Curvas KN

El análisis de KN's permite determinar las propiedades hidrostáticas del casco para un determinado rango de ángulos de escora y desplazamiento, para producir las curvas de estabilidad de carenas inclinadas, o curvas KN.

Las curvas KN son útiles para estimar la estabilidad de un buque si no se conoce la posición vertical del centro de gravedad(VCG).

Estas curvas representan el valor del KN para varios desplazamientos, a partir de los cuales se puede obtener la curva de GZ's para cualquier altura del centro de gravedad mediante la fórmula:

$$GZ = KN - KG * \text{sen } \theta$$

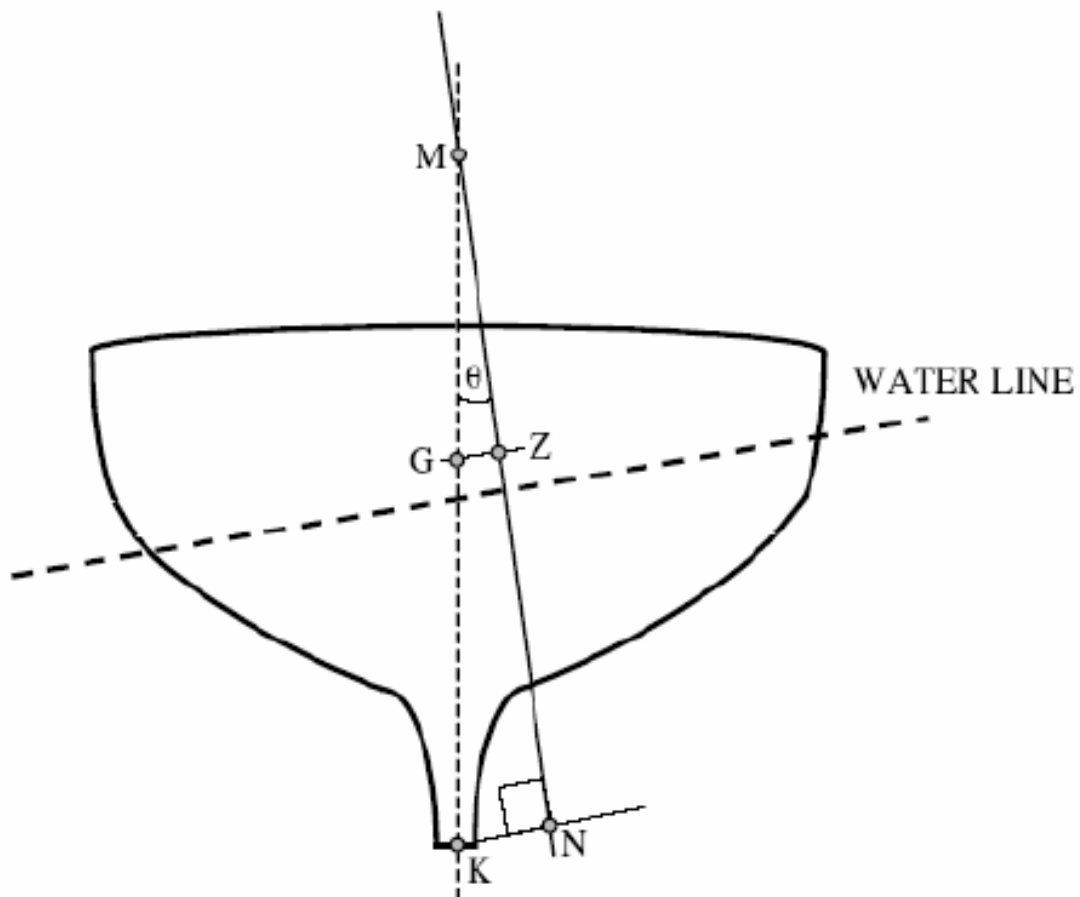


Figura 1. Figura explicativa KN

Los cálculos de los KN se realizarán para desplazamientos entre 15 y 35 T, calculado para 21 valores intermedios, y para ángulos de escora hacia estribor entre 0° y 40° con variaciones de 5° , y entre 40° y 90° con variaciones de 10° .

Las curvas KN y las tablas de los cálculos realizados por Maxsurf se muestran en el **ANEXO III**.

3 Compartimentación

En barcos pequeños se suele tomar una única separación de cuadernas a lo largo de toda la eslora, comprendida entre 500 y 2000 mm. En este caso se va a adoptar una separación de 2000 mm.

La configuración de la clara de cuadernas del barco se presenta en el plano de formas, en donde se puede observar que la cuaderna cero se ha tomado coincidente con el "zero point" de Maxsurf, el extremo más a popa del barco.

En general, para estas esloras no se especifica una compartimentación específica, consultando un reglamento se comprueba que no da un valor explícito para la separación de las claras de cuadernas en función de las características del buque, ni tan sólo recomendado. Tan sólo proporciona los valores que deben tener los escantillones de las cuadernas en función de la separación de cuadernas elegida.

3.1 Mamparos estructurales

De acuerdo con la normativa aplicable a este proyecto, un yate de esta eslora debe disponer de al menos los dos siguientes mamparos estancos:

- Mamparo de colisión en el pique de proa.

Para limitar cualquier vía de agua que pueda producirse en esa zona.

- Mamparo de pique de popa.

El mamparo de colisión separa la habitación de tripulación del tambucho para estibar las velas.

La norma nos marca una distancia de la perpendicular de proa de entre el 5% y el 10% de la LWL

$\text{Distancia} = 5\%-10\%(\text{LWL}) = 5\%-10\%(16,3\text{m}) = 0,815-1,63\text{m}$ usaremos 1,365m

La perpendicular de proa se sitúa a 335 mm de la proa

Por lo que el mamparo de colisión está situado a 1.7 metros de la proa.

En cuanto al mamparo del pique de popa, situado a popa de los camarotes. El pique de popa cuenta con un cofre bajo la plataforma de popa para estibar la escalera de baño así como las dos balsas salvavidas.

Se encuentra a 2255 mm del extremo de mas a popa del barco

4 Capacidad y Disposición de Tanques

4.1 Tanques de Gasoil

Nuestro barco debe tener una autonomía mínima de 350 millas, como indican los requerimiento previos de anteproyecto.

A pesar de tener que cumplir este requerimiento, aumentaremos la autonomía a 900 millas ya que nos parece una autonomía mas acorde con etapas oceánicas de larga distancia en la que necesitemos el motor

Comprobamos que cumplimos con la autonomía prevista en los RPA´s de 350 millas.

Velocidad de crucero: *10 knts*

Consumo para la velocidad de crucero: *9,40 l/h*

Considerando margen de 10%, por estado del mar y vientos fuertes:

Consumo= $1,10 \times 9,40 = 10,34$ l/h

Entonces:

$$10 \text{ knts} = 10 \frac{\text{millas}}{h} \rightarrow \frac{350}{8} = 43,75h \rightarrow 43,75 h * 10,34 \frac{l}{h} = 452,38 l$$

Este será la capacidad de tanques que necesitaremos para dicha autonomía, como hemos hablado la aumentaremos, por lo que necesitaremos más capacidad en ellos. Aumentaremos la capacidad en un 225% por lo que en total tendremos una capacidad para almacenar 1024 l de gasoil.

Podemos comprobar con este calculo que $1024l > 452,8l$ lo que no lleva a deducir que el fuel es suficiente para cumplir con nuestros requerimientos previos. Ahora veremos si cumplimos el requerimiento de las 900 millas posteriormente propuesto

$$1024l \rightarrow \frac{1024}{10,34} = 99,03 h \rightarrow 99,03 h * 10 \text{ knts} = 990 \text{ millas}$$

Vemos que cumple, por lo que nos quedaremos con esta capacidad de tanques.

La capacidad de los tanques de combustible será la siguiente

- Tanque diesel popa Br: 512 l
- Tanque diesel popa Er: 512 l

Para el combustible hemos considerado la densidad que por defecto marca Maxsurf que es de $0,84 \text{ T/m}^3$.

4.2 Tanques de Agua

Para los tanques de agua dulce se ha previsto una capacidad total de 750 l repartida en dos tanques simétricos, dispuestos bajo el salón. La disposición de los tanques se presentara en varios croquis en el apartado siguiente.

Para los tanques de aguas grises y aguas negras se va a disponer unas capacidades similares a un buque de características muy parecidas de la base de datos del cuadernillo 1.

Así tendremos la siguiente disposición

- Tanque agua Dulce Br: 377 l
- Tanque agua Dulce Er: 377 l
- Tanque de Aguas grises Br: 162 l
- Tanque de Aguas grises Er: 162 l
- Tanque Aguas negras Br: 97 l
- Tanque Aguas negras Er: 97 l.

Estas capacidades son muy superiores a lo estrictamente necesario para cumplir con la orden FOM/1144/2003 del 28 de abril, pero se considera apropiado que sea de esta manera, ya que un velero de estas dimensiones podría ser utilizado para pasar semanas navegando sin parar en ningún puerto con capacidad de recepción, o fondeado en parajes donde no esta permitido verter aguas sucias.

Capacidad de aguas negras de acuerdo con la ley= $n^{\circ} \text{ personas} \times 4l \times 2 \text{ días}$

No son aplicables las partes de MARPOL relativas a la prevención de la contaminación por aguas sucias, esto es Anexo IV, por ser de aplicación a buques de más de 200 TRB's, o buques que transporten más de 10 pasajeros

4.3 Disposición Tanques

	Name	Type	Intact Perm.	Damaged Perm. %	Relative Density	Fluid Type	Boundary Surfaces	Aft m	Fore m	F Port m	F Starb. m	F Top m	F Bott. m	A Port m	A Starb. m	A Top m	A Bott. m
1	Gasoil br	Tank	100	95	0,84	Diesel	none	2,3	3,8	-3	-0,5	0,15	-0,6	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
2	Gasoil es	Tank	100	95	0,84	Diesel	none	2,3	3,8	0,5	3	0,15	-0,6	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
3	Agua Br	Tank	100	95	1	Fresh Wat	none	11	12,3	-3	-0,6	0,055	-0,6	DITTO	-1	DITTO	DITTO
4	Agua es	Tank	100	95	1	Fresh Wat	none	11	12,3	0,6	3	0,055	-0,6	1	DITTO	DITTO	DITTO
5	Aguas Gris br	Tank	100	95	0,913	Slops	none	8	9	-0,6	0	-0,4	-0,8	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
6	Aguas Gris es	Tank	100	95	0,913	Slops	none	8	9	0	0,6	-0,4	-0,8	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
7	Aguas negras br	Tank	100	95	0,913	Slops	none	8	9	-1	-0,6	-0,4	-0,8	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
8	Aguas negras es	Tank	100	95	0,913	Slops	none	8	9	0,6	1	-0,4	-0,8	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO

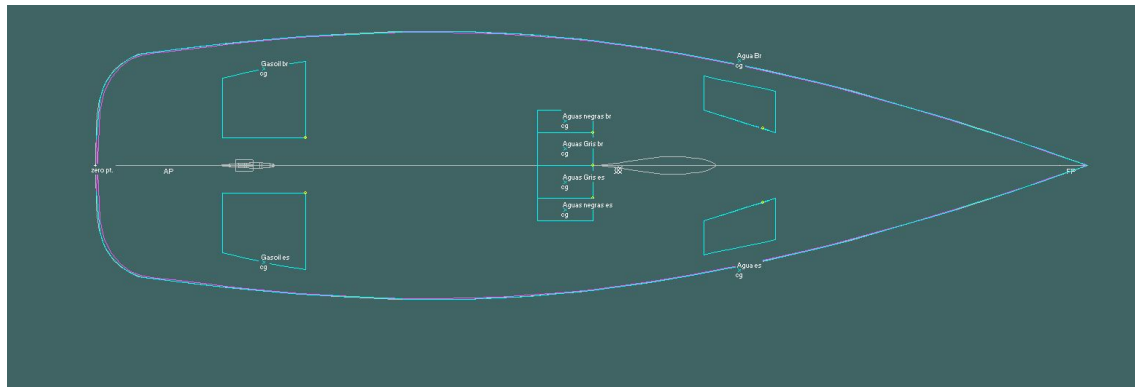


Figura 2. Situación de tanques

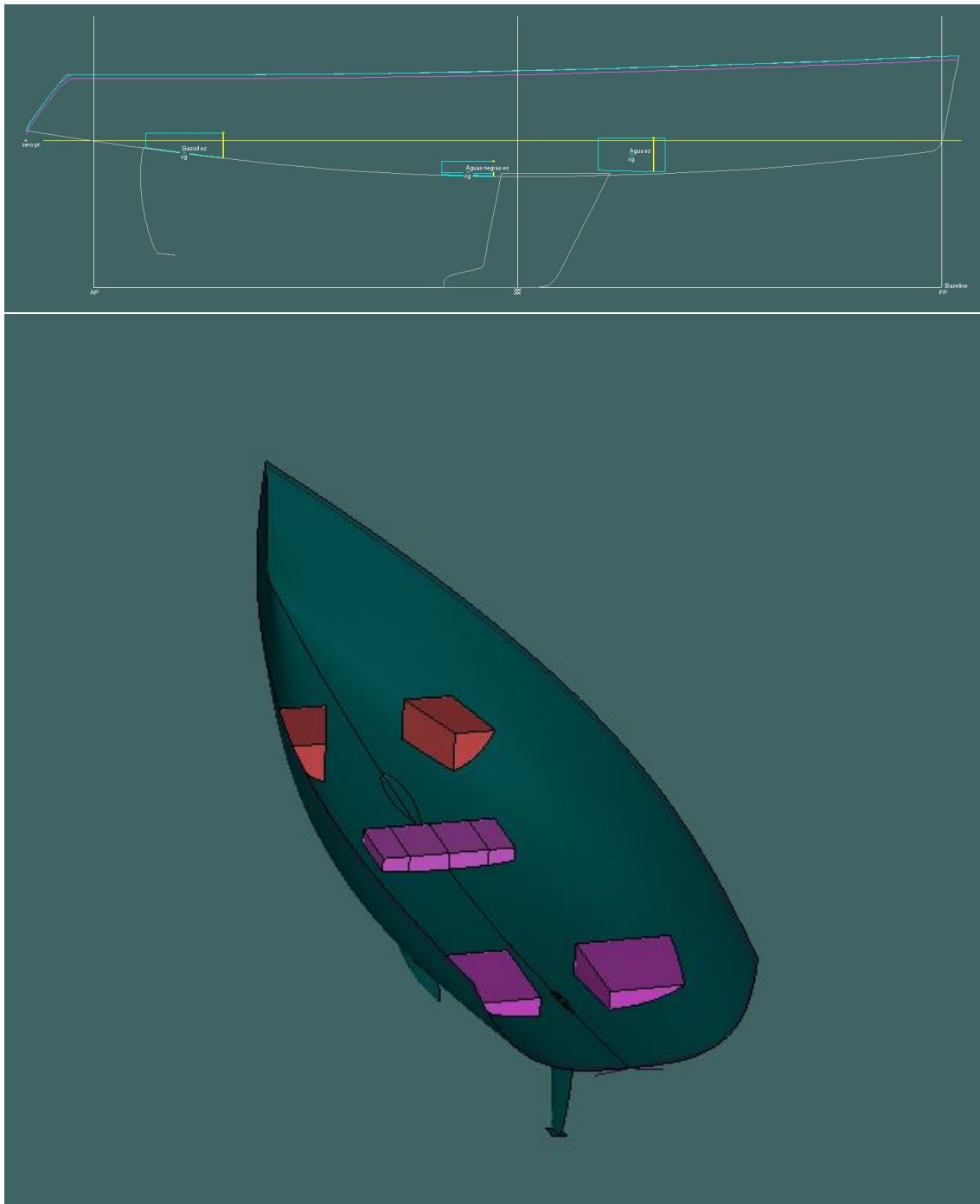
Se presenta la disposición de los tanques en el barco a partir de los planos que facilita el programa "Hydromax", también nos calculara la capacidad de tanques, datos que presentaremos en el **ANEXO IV** así como su situación en el **ANEXO V**

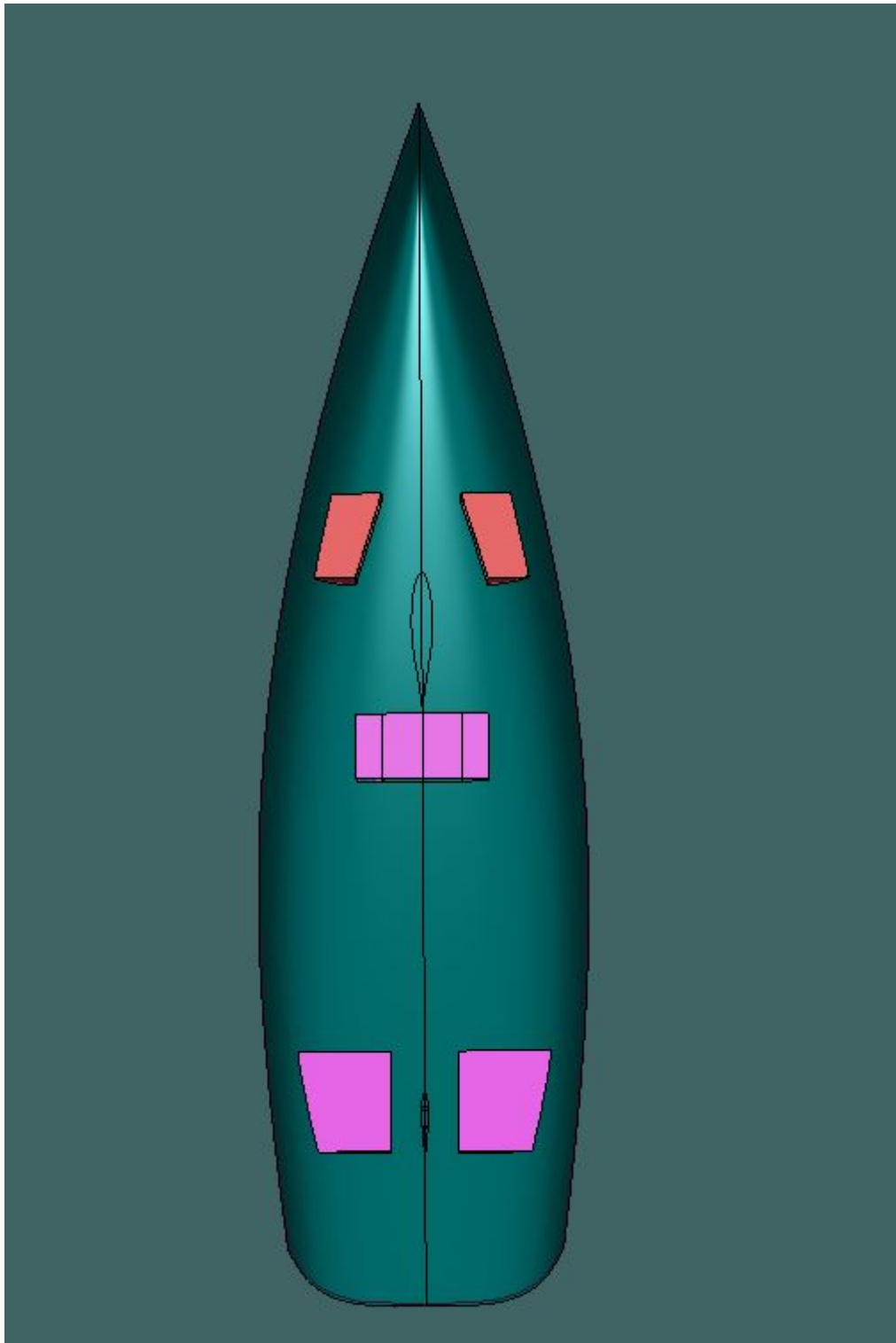
Con el programa también se evalúan las distintas capacidades de los tanques y sus centros de gravedad, que se presentaran a continuación. Las densidades consideradas (dadas también por el programa) han sido 1 kg/m³ para el agua y aguas grises, 0.839 kg/m³ para el combustible y 1.1 Kg/m³ para el de aguas negra.

TANQUES	Capacidad	Weight	LCG	TCG	VCG	W * LCG	W * TCG	W * VCG
Agua dulce Br	377	377,00	11,68	-1,05	-0,19	4403,36	-397,36	-72,76
Agua dulce Er	377	377,00	11,68	1,05	-0,19	4403,36	397,36	-72,76
Combustible Br	512	430,00	3,15	-1,00	-0,01	1353,64	-430,00	-4,73
Combustible Er	512	430,00	3,15	1,00	-0,01	1353,64	430,00	-4,73
Aguas grises Br	162	148,00	8,51	-0,30	-0,54	1259,04	-44,10	-79,18
Aguas grises Er	162	148,00	8,51	0,30	-0,54	1259,04	44,10	-79,18
Aguas negras Br	97	89,00	8,51	-0,79	-0,52	757,03	-70,67	-46,46
Aguas negras Er	97	89,00	8,71	0,79	-0,52	775,55	70,67	-46,46
Total		2088,00	7,45	0,00	-0,19	15564,65	0,00	-406,26

En estas figuras se observa que hemos dimensionado los tanques de agua dulce y los de combustible cumpliendo los requisitos de la especificación del ORC, y hemos aprovechado los espacios de debajo de las literas para situarlos, además procurando

su simetría, y los de Aguas grises y negras se han situado en el centro del barco y colocándolo en espacio de sentinas.





5 Bibliografía

Manual Hydromax, módulo de Maxsurf V11.

- "Principles of Naval Architect", SNAME.
- "Principles of Yacht Design", Lars Larsson y Rolf E Eliasson.
- "Sail Performance. Theory and Practice", C.A. Marchaj.

ANEXO I

En el se presentan las hidrostáticas para calados de entre 2,5 m a 3,5 m en saltos de 0,1m;

Y para diferentes asientos 0, -0.2, -0.15, -0.1, -0.05, 0.05, 0.1, 0.15 y 0.2

Hydrostatics - final

Hydromax 13.01, build: 2091

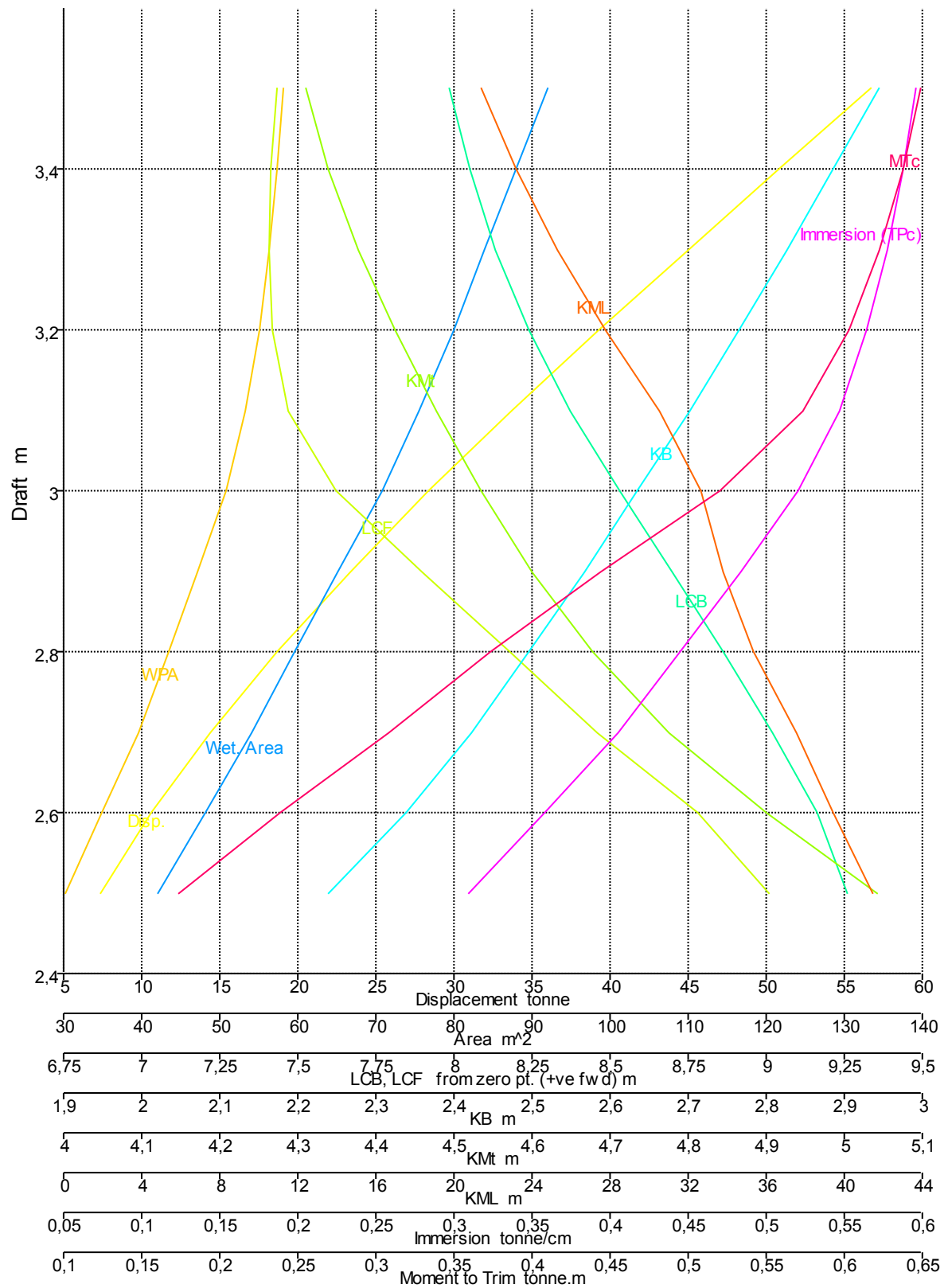
Model file: C:\Users\pablo\Desktop\MAXSURF 20 gradofinal (Medium precision, 54 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp.‰: 0,01000(0,100); Trim‰(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel‰(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

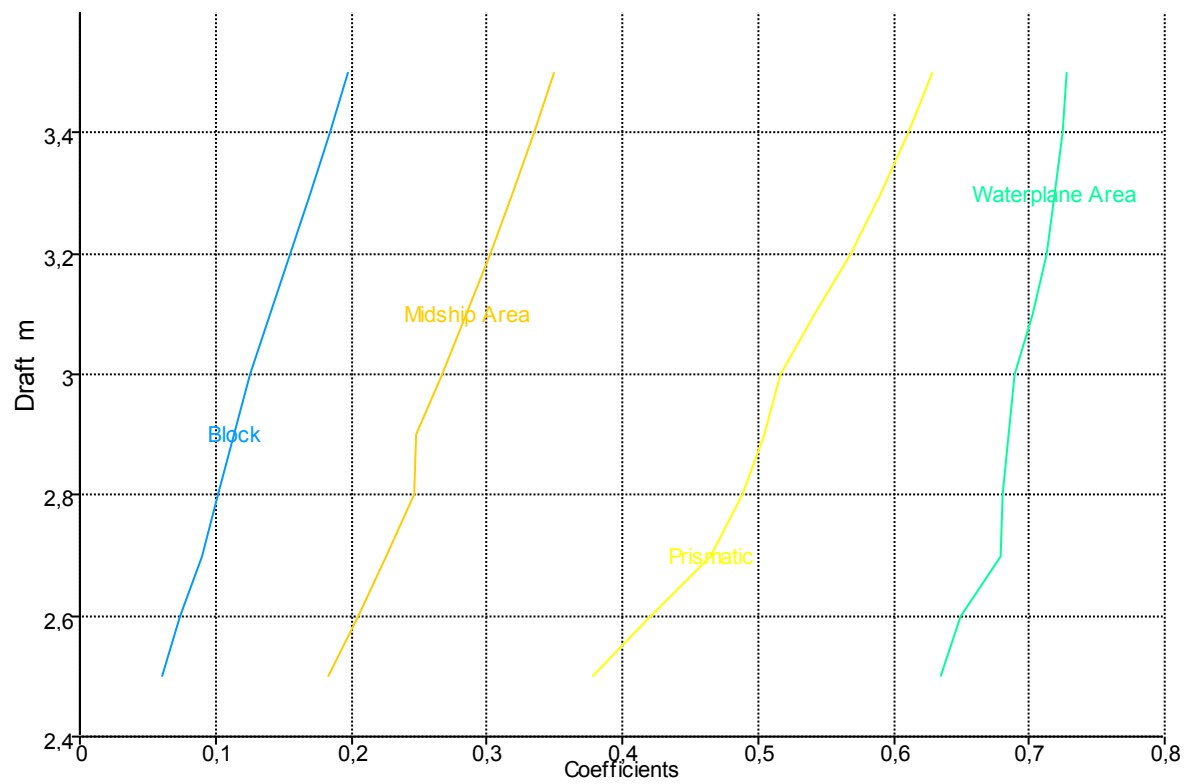
Damage Case - Intact

Fixed Trim = 0 m (+ve by stern)

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m³)

Draft Amidsh. m	2,500	2,600	2,700	2,800	2,900	3,000	3,100	3,200	3,300	3,400	3,500
Displacement tonne	7,300	10,62	14,43	18,68	23,32	28,34	33,69	39,25	44,97	50,79	56,71
Heel to Starboard degrees	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	2,500	2,600	2,700	2,800	2,900	3,000	3,100	3,200	3,300	3,400	3,500
Draft at AP m	2,500	2,600	2,700	2,800	2,900	3,000	3,100	3,200	3,300	3,400	3,500
Draft at LCF m	2,500	2,600	2,700	2,800	2,900	3,000	3,100	3,200	3,300	3,400	3,500
Trim (+ve by stern) m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
WL Length m	14,113	14,959	15,363	16,122	16,837	17,526	17,649	17,613	17,563	17,511	17,458
WL Beam m	3,363	3,597	3,790	3,959	4,094	4,204	4,300	4,385	4,458	4,523	4,583
Wetted Area m ²	42,108	48,213	54,081	59,623	65,170	70,766	75,579	79,922	83,834	87,905	92,062
Waterpl. Area m ²	30,138	34,981	39,522	43,440	47,172	50,745	53,351	55,056	56,338	57,340	58,165
Prismatic Coeff.	0,378	0,420	0,464	0,488	0,505	0,517	0,542	0,568	0,591	0,611	0,629
Block Coeff.	0,060	0,074	0,090	0,102	0,114	0,125	0,140	0,155	0,170	0,184	0,198
Midship Area Coeff.	0,184	0,205	0,226	0,246	0,248	0,267	0,285	0,303	0,319	0,335	0,350
Waterpl. Area Coeff.	0,635	0,650	0,679	0,681	0,684	0,689	0,703	0,713	0,719	0,724	0,727
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	9,261	9,163	9,021	8,865	8,700	8,533	8,373	8,241	8,135	8,053	7,987
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	9,013	8,780	8,459	8,180	7,899	7,622	7,468	7,418	7,407	7,415	7,436
KB m	2,240	2,340	2,422	2,497	2,567	2,635	2,701	2,765	2,826	2,886	2,945
KG m	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726
BMt m	2,803	2,560	2,354	2,181	2,032	1,899	1,776	1,659	1,551	1,452	1,364
BML m	39,208	37,079	35,161	32,828	31,192	30,044	27,799	25,006	22,482	20,306	18,442
GMt m	2,317	2,174	2,050	1,952	1,873	1,808	1,751	1,698	1,652	1,613	1,583
GML m	38,722	36,692	34,857	32,599	31,033	29,953	27,774	25,045	22,582	20,467	18,661
KMt m	5,043	4,900	4,776	4,678	4,599	4,534	4,477	4,424	4,378	4,339	4,309
KML m	41,448	39,418	37,583	35,325	33,759	32,679	30,500	27,771	25,308	23,193	21,387
Immersion (TPc) tonne/cm	0,309	0,359	0,405	0,445	0,484	0,520	0,547	0,564	0,577	0,588	0,596
MTc tonne.m	0,173	0,239	0,308	0,373	0,444	0,520	0,574	0,603	0,623	0,637	0,649
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,295	0,403	0,516	0,636	0,762	0,894	1,030	1,163	1,296	1,429	1,567
Max deck inclination deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0





Hydrostatics - final

Hydromax 13.01, build: 2091

Model file: C:\Users\pablo\Desktop\MAXSURF 20 gradofinal (Medium precision, 54 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp.‰: 0,01000(0,100); Trim‰(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel‰(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

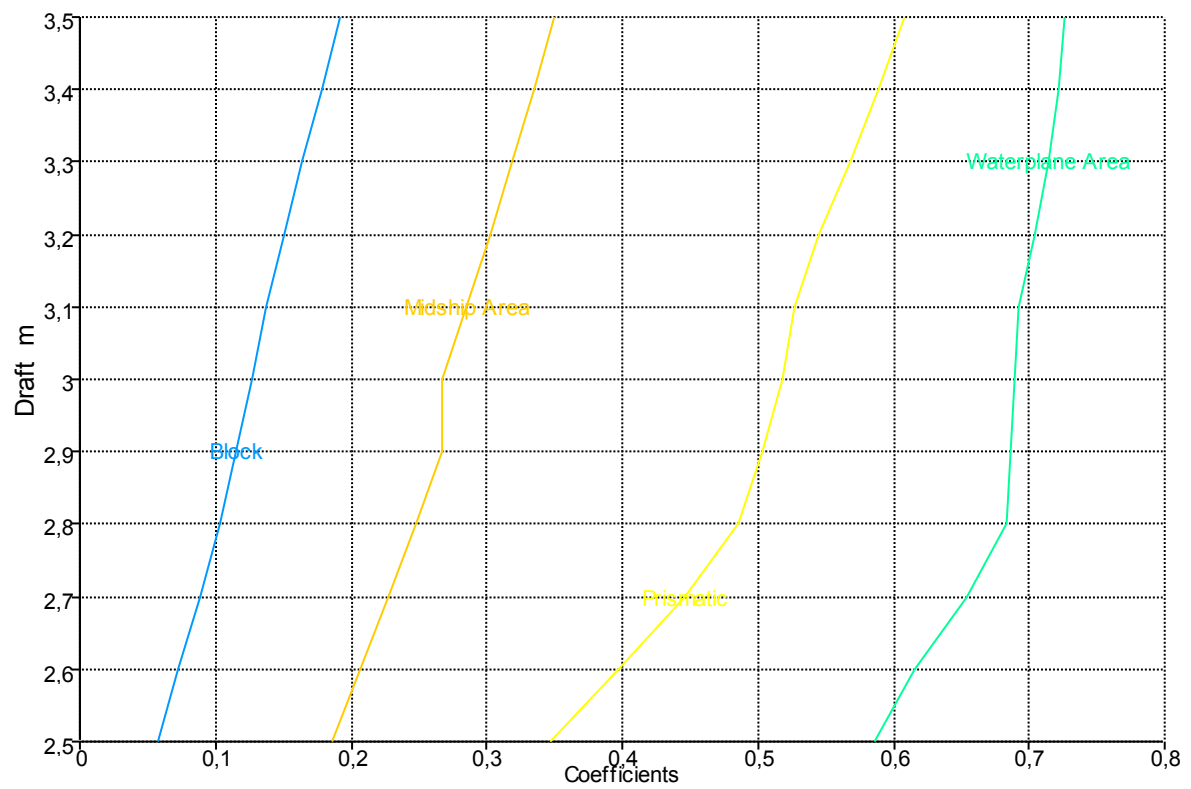
Damage Case - Intact

Fixed Trim = -0,2 m (+ve by stern)

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m³)

Draft Amidsh. m	2,500	2,600	2,700	2,800	2,900	3,000	3,100	3,200	3,300	3,400	3,500
Displacement tonne	7,215	10,42	14,04	18,09	22,52	27,31	32,44	37,88	43,54	49,33	55,24
Heel to Starboard degrees	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	2,600	2,700	2,800	2,900	3,000	3,100	3,200	3,300	3,400	3,500	3,600
Draft at AP m	2,400	2,500	2,600	2,700	2,800	2,900	3,000	3,100	3,200	3,300	3,400
Draft at LCF m	2,500	2,596	2,692	2,788	2,885	2,982	3,078	3,176	3,276	3,375	3,475
Trim (+ve by stern) m	-0,200	-0,200	-0,200	-0,200	-0,200	-0,200	-0,200	-0,200	-0,200	-0,200	-0,200
WL Length m	14,935	15,334	15,372	15,517	16,189	16,844	17,480	17,698	17,664	17,615	17,562
WL Beam m	3,311	3,545	3,742	3,910	4,053	4,170	4,268	4,353	4,429	4,498	4,560
Wetted Area m ²	41,058	46,861	52,415	58,060	63,405	68,650	74,075	78,988	83,328	87,229	91,302
Waterpl. Area m ²	29,009	33,489	37,586	41,489	45,033	48,383	51,699	54,292	55,933	57,144	58,106
Prismatic Coeff.	0,347	0,397	0,446	0,486	0,504	0,518	0,526	0,545	0,568	0,589	0,608
Block Coeff.	0,057	0,072	0,088	0,104	0,115	0,126	0,137	0,150	0,164	0,179	0,192
Midship Area Coeff.	0,185	0,207	0,228	0,248	0,267	0,267	0,285	0,303	0,319	0,335	0,350
Waterpl. Area Coeff.	0,587	0,616	0,653	0,684	0,686	0,689	0,693	0,705	0,715	0,721	0,726
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	9,736	9,596	9,446	9,271	9,096	8,921	8,748	8,583	8,442	8,327	8,235
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	9,441	9,130	8,814	8,505	8,231	7,971	7,704	7,530	7,472	7,455	7,460
KB m	2,240	2,335	2,417	2,489	2,558	2,624	2,688	2,751	2,813	2,873	2,932
KG m	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726
BMt m	2,618	2,411	2,247	2,102	1,971	1,853	1,746	1,647	1,550	1,458	1,373
BML m	37,636	34,535	32,094	30,355	28,797	27,589	26,861	25,383	23,125	20,987	19,098
GMt m	2,129	2,019	1,938	1,868	1,808	1,758	1,717	1,683	1,650	1,619	1,595
GML m	37,147	34,142	31,785	30,121	28,633	27,493	26,832	25,419	23,224	21,148	19,320
KMt m	4,858	4,746	4,664	4,591	4,529	4,477	4,434	4,398	4,363	4,331	4,306
KML m	39,876	36,870	34,511	32,845	31,354	30,213	29,549	28,134	25,938	23,860	22,031
Immersion (TPc) tonne/cm	0,297	0,343	0,385	0,425	0,462	0,496	0,530	0,556	0,573	0,586	0,596
MTc tonne.m	0,164	0,218	0,274	0,334	0,395	0,460	0,534	0,590	0,620	0,640	0,654
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,268	0,367	0,475	0,590	0,710	0,838	0,972	1,113	1,253	1,394	1,537
Max deck inclination deg	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7





Hydrostatics - final

Hydromax 13.01, build: 2091

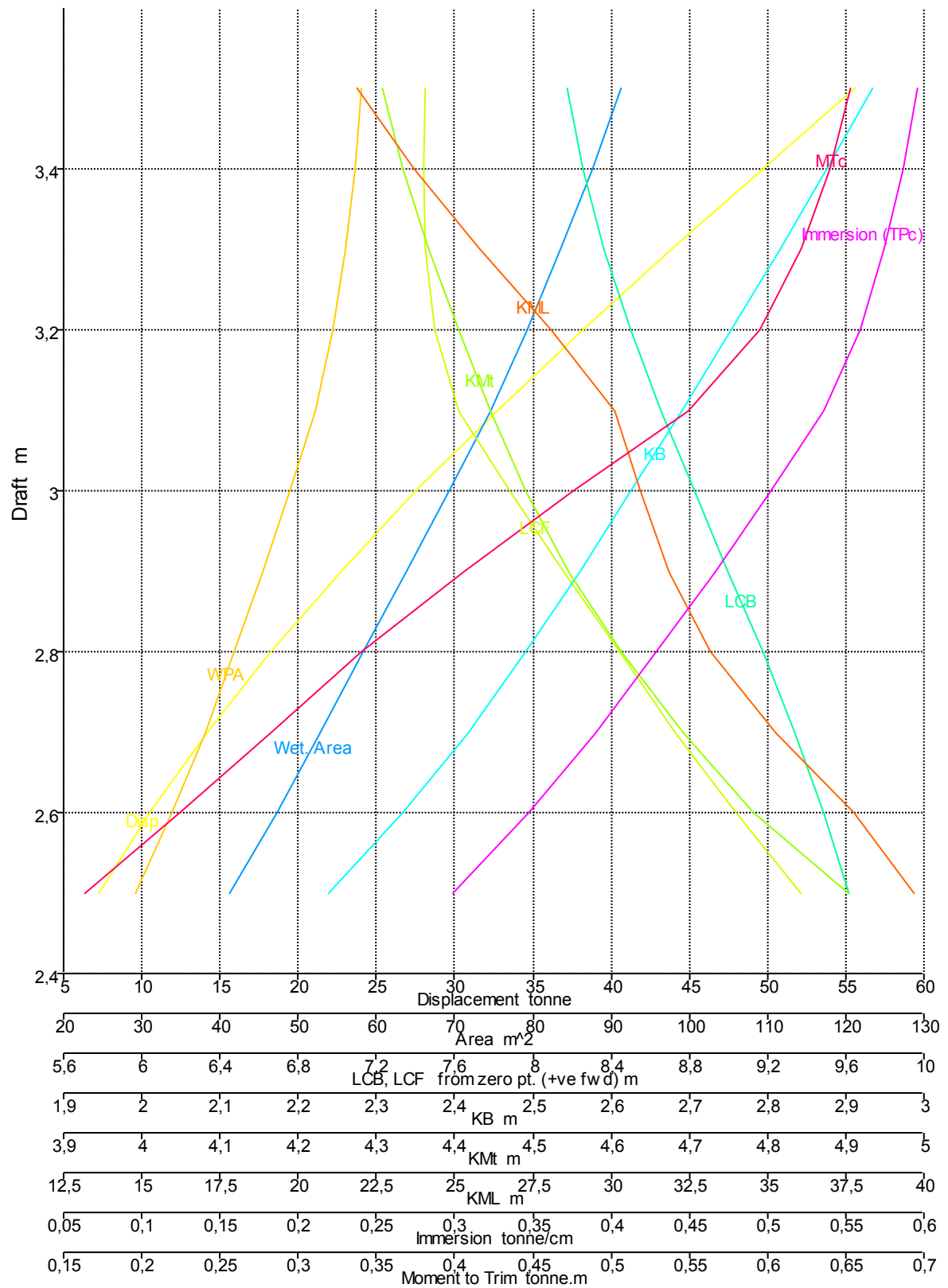
Model file: C:\Users\pablo\Desktop\MAXSURF 20 grado\final (Medium precision, 54 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp.‰: 0,01000(0,100); Trim‰(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel‰(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

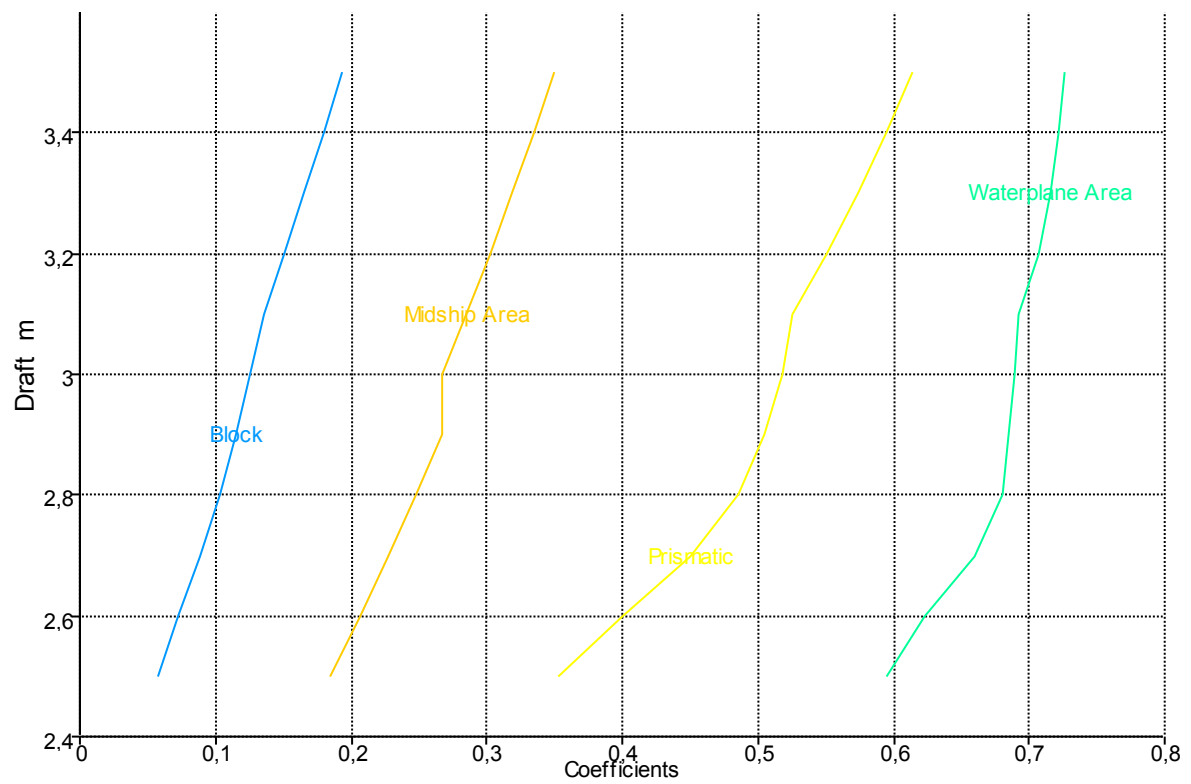
Damage Case - Intact

Fixed Trim = -0,15 m (+ve by stern)

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m³)

Draft Amidsh. m	2,500	2,600	2,700	2,800	2,900	3,000	3,100	3,200	3,300	3,400	3,500
Displacement tonne	7,222	10,46	14,12	18,21	22,70	27,54	32,73	38,22	43,89	49,70	55,60
Heel to Starboard degrees	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	2,575	2,675	2,775	2,875	2,975	3,075	3,175	3,275	3,375	3,475	3,575
Draft at AP m	2,425	2,525	2,625	2,725	2,825	2,925	3,025	3,125	3,225	3,325	3,425
Draft at LCF m	2,499	2,596	2,693	2,791	2,888	2,985	3,083	3,182	3,282	3,381	3,482
Trim (+ve by stern) m	-0,150	-0,150	-0,150	-0,150	-0,150	-0,150	-0,150	-0,150	-0,150	-0,150	-0,150
WL Length m	14,722	15,306	15,359	15,664	16,343	17,004	17,652	17,680	17,640	17,589	17,536
WL Beam m	3,324	3,556	3,754	3,921	4,064	4,179	4,275	4,361	4,436	4,504	4,566
Wetted Area m ²	41,104	47,228	52,810	58,248	63,763	69,200	74,597	79,204	83,468	87,641	91,382
Waterpl. Area m ²	29,091	33,918	38,062	41,831	45,501	49,012	52,283	54,527	56,059	57,210	58,131
Prismatic Coeff.	0,353	0,400	0,450	0,486	0,504	0,517	0,526	0,550	0,574	0,595	0,613
Block Coeff.	0,058	0,072	0,088	0,103	0,115	0,126	0,136	0,151	0,166	0,180	0,194
Midship Area Coeff.	0,185	0,206	0,227	0,248	0,267	0,267	0,285	0,303	0,319	0,335	0,350
Waterpl. Area Coeff.	0,594	0,623	0,660	0,681	0,685	0,690	0,693	0,707	0,716	0,722	0,726
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	9,619	9,487	9,343	9,174	9,000	8,827	8,656	8,497	8,364	8,257	8,171
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	9,375	9,038	8,728	8,445	8,158	7,878	7,621	7,496	7,453	7,443	7,453
KB m	2,239	2,335	2,417	2,490	2,559	2,626	2,691	2,754	2,816	2,876	2,935
KG m	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726
BMt m	2,665	2,448	2,276	2,122	1,987	1,866	1,755	1,651	1,552	1,457	1,371
BML m	37,444	35,403	32,869	30,679	29,290	28,298	27,410	25,348	22,989	20,828	18,939
GMt m	2,176	2,056	1,968	1,889	1,825	1,771	1,728	1,689	1,652	1,618	1,593
GML m	36,955	35,012	32,562	30,446	29,128	28,204	27,382	25,385	23,089	20,989	19,160
KMt m	4,904	4,782	4,693	4,612	4,547	4,492	4,446	4,406	4,367	4,333	4,307
KML m	39,683	37,738	35,287	33,170	31,849	30,924	30,100	28,103	25,805	23,704	21,874
Immersion (TPc) tonne/cm	0,298	0,348	0,390	0,429	0,466	0,502	0,536	0,559	0,575	0,586	0,596
MTc tonne.m	0,164	0,225	0,282	0,340	0,405	0,476	0,549	0,595	0,621	0,639	0,653
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,274	0,375	0,485	0,600	0,723	0,851	0,987	1,126	1,265	1,404	1,545
Max deck inclination deg	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5





Hydrostatics - final

Hydromax 13.01, build: 2091

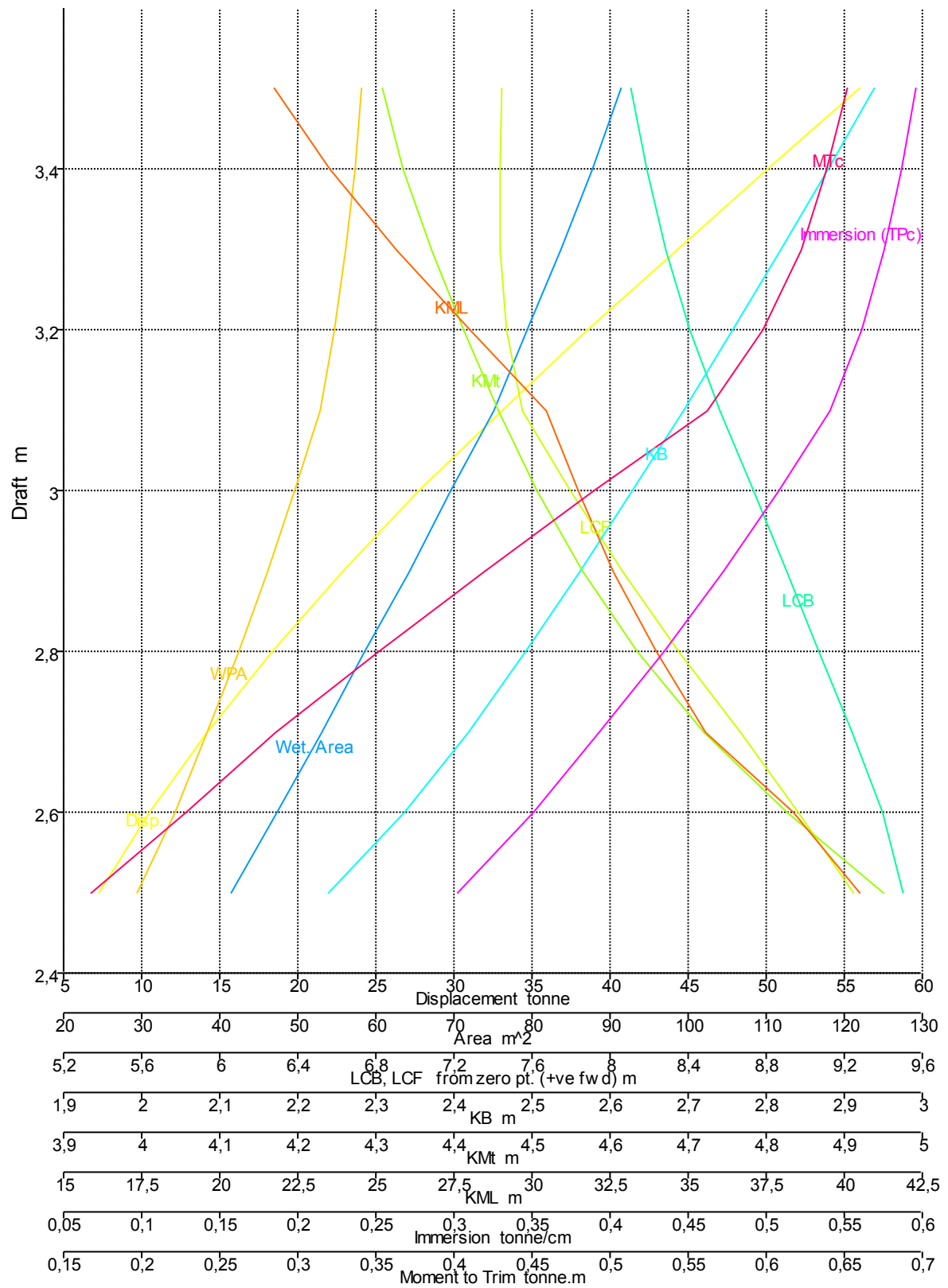
Model file: C:\Users\pablo\Desktop\MAXSURF 20 gradofinal (Medium precision, 54 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp.‰: 0,01000(0,100); Trim‰(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel‰(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

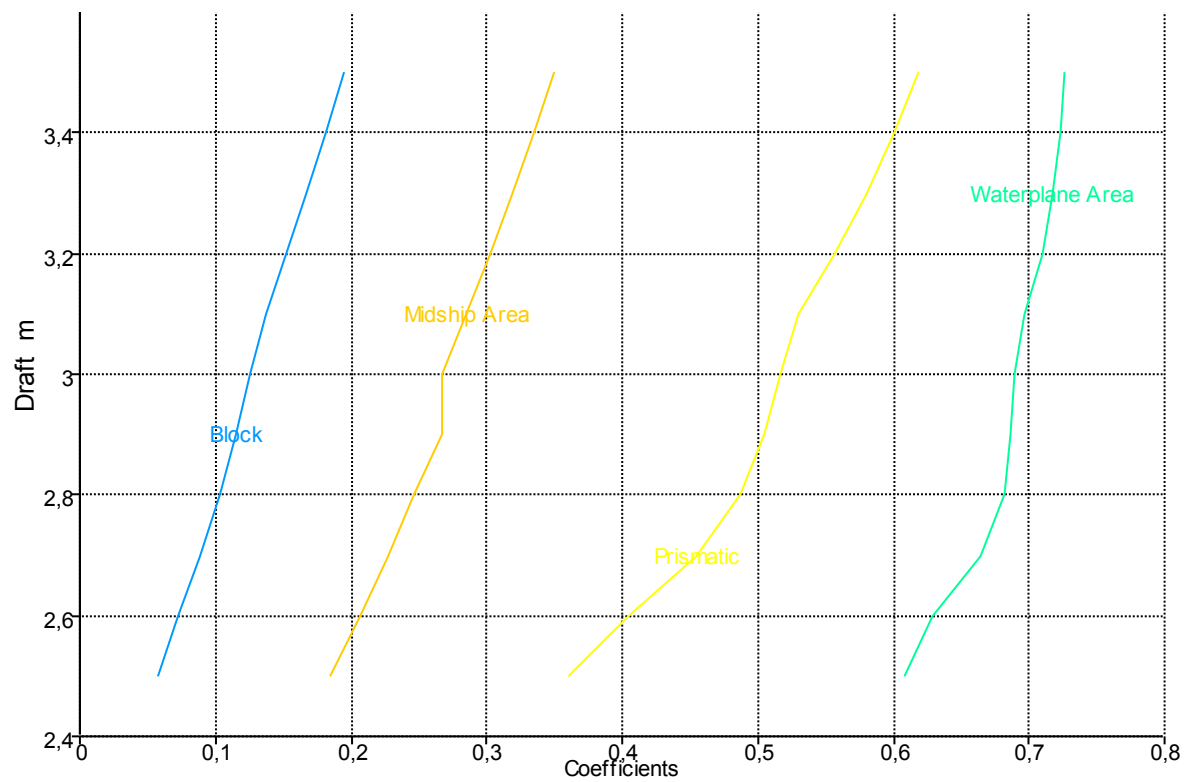
Damage Case - Intact

Fixed Trim = -0,1 m (+ve by stern)

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m³)

Draft Amidsh. m	2,500	2,600	2,700	2,800	2,900	3,000	3,100	3,200	3,300	3,400	3,500
Displacement tonne	7,236	10,48	14,21	18,36	22,89	27,79	33,04	38,56	44,24	50,06	55,97
Heel to Starboard degrees	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	2,550	2,650	2,750	2,850	2,950	3,050	3,150	3,250	3,350	3,450	3,550
Draft at AP m	2,450	2,550	2,650	2,750	2,850	2,950	3,050	3,150	3,250	3,350	3,450
Draft at LCF m	2,499	2,597	2,695	2,793	2,891	2,990	3,088	3,188	3,288	3,388	3,488
Trim (+ve by stern) m	-0,100	-0,100	-0,100	-0,100	-0,100	-0,100	-0,100	-0,100	-0,100	-0,100	-0,100
WL Length m	14,521	15,267	15,344	15,812	16,504	17,171	17,683	17,659	17,614	17,563	17,510
WL Beam m	3,338	3,568	3,766	3,932	4,074	4,187	4,283	4,370	4,444	4,510	4,572
Wetted Area m ²	41,471	47,389	53,026	58,612	64,271	69,683	75,060	79,399	83,598	87,733	91,459
Waterpl. Area m ²	29,480	34,233	38,355	42,398	46,102	49,569	52,765	54,732	56,167	57,262	58,150
Prismatic Coeff.	0,361	0,404	0,455	0,487	0,505	0,517	0,530	0,556	0,579	0,600	0,618
Block Coeff.	0,058	0,072	0,089	0,103	0,115	0,126	0,137	0,152	0,167	0,181	0,195
Midship Area Coeff.	0,185	0,206	0,227	0,247	0,267	0,267	0,285	0,303	0,319	0,335	0,350
Waterpl. Area Coeff.	0,608	0,628	0,664	0,682	0,686	0,689	0,697	0,709	0,718	0,723	0,726
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	9,502	9,394	9,238	9,073	8,902	8,731	8,562	8,410	8,287	8,188	8,109
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	9,251	8,962	8,670	8,352	8,065	7,796	7,552	7,467	7,436	7,433	7,446
KB m	2,238	2,337	2,418	2,492	2,562	2,629	2,694	2,757	2,819	2,879	2,938
KG m	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726
BMt m	2,712	2,490	2,302	2,143	2,003	1,877	1,764	1,655	1,552	1,456	1,369
BML m	38,281	36,016	33,141	31,489	30,033	28,858	27,764	25,272	22,835	20,660	18,776
GMt m	2,224	2,102	1,996	1,911	1,842	1,784	1,737	1,693	1,652	1,617	1,590
GML m	37,794	35,628	32,835	31,257	29,872	28,765	27,737	25,310	22,935	20,822	18,996
KMt m	4,950	4,827	4,721	4,635	4,565	4,506	4,458	4,412	4,371	4,335	4,308
KML m	40,520	38,353	35,559	33,981	32,595	31,487	30,458	28,029	25,654	23,540	21,714
Immersion (TPc) tonne/cm	0,302	0,351	0,393	0,435	0,473	0,508	0,541	0,561	0,576	0,587	0,596
MTc tonne.m	0,168	0,229	0,286	0,352	0,419	0,490	0,562	0,598	0,622	0,639	0,652
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,281	0,385	0,495	0,612	0,736	0,865	1,002	1,139	1,276	1,413	1,553
Max deck inclination deg	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4





Hydrostatics - final

Hydromax 13.01, build: 2091

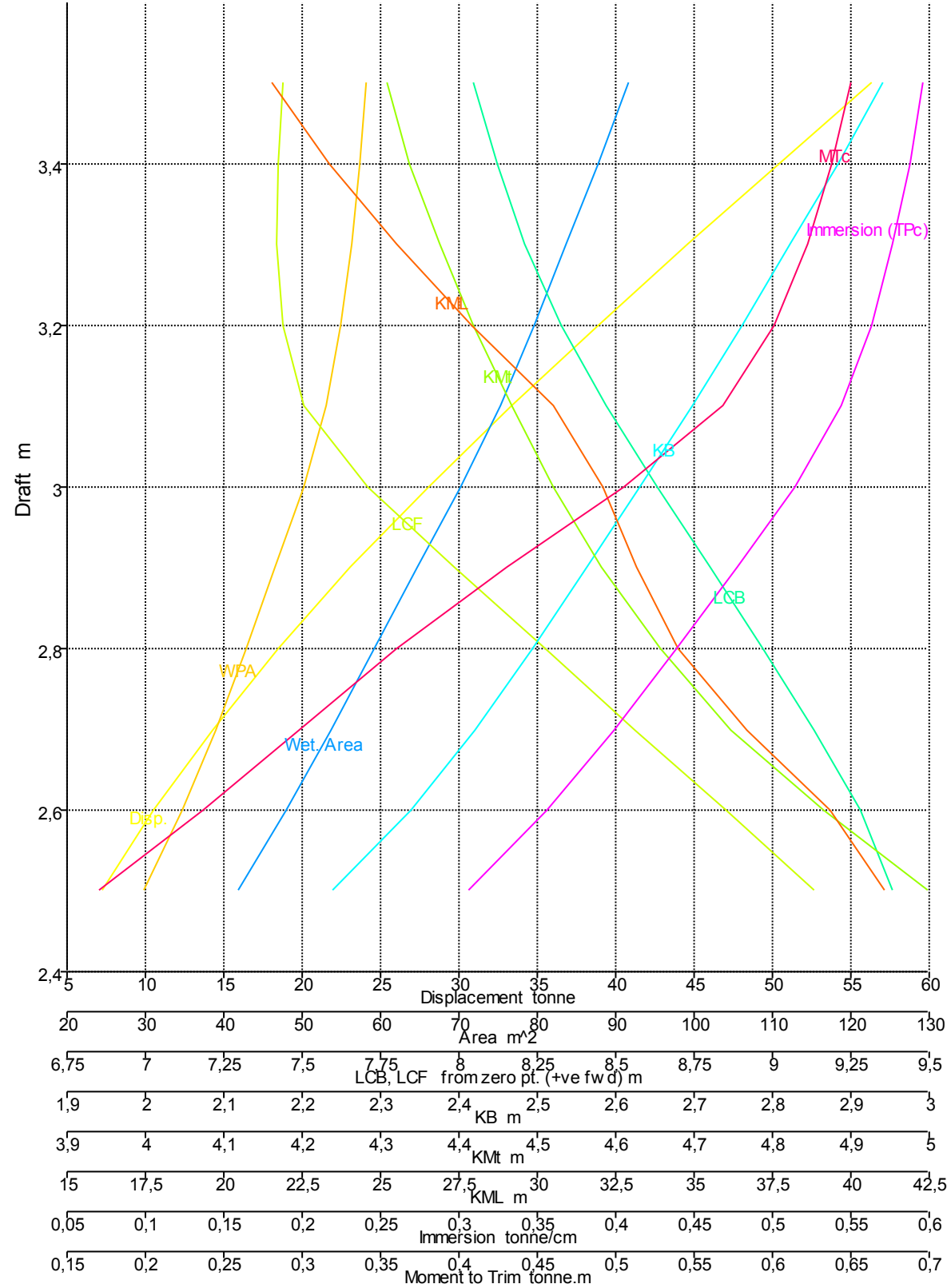
Model file: C:\Users\pablo\Desktop\MAXSURF 20 gradofinal (Medium precision, 54 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp.‰: 0,01000(0,100); Trim‰(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel‰(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

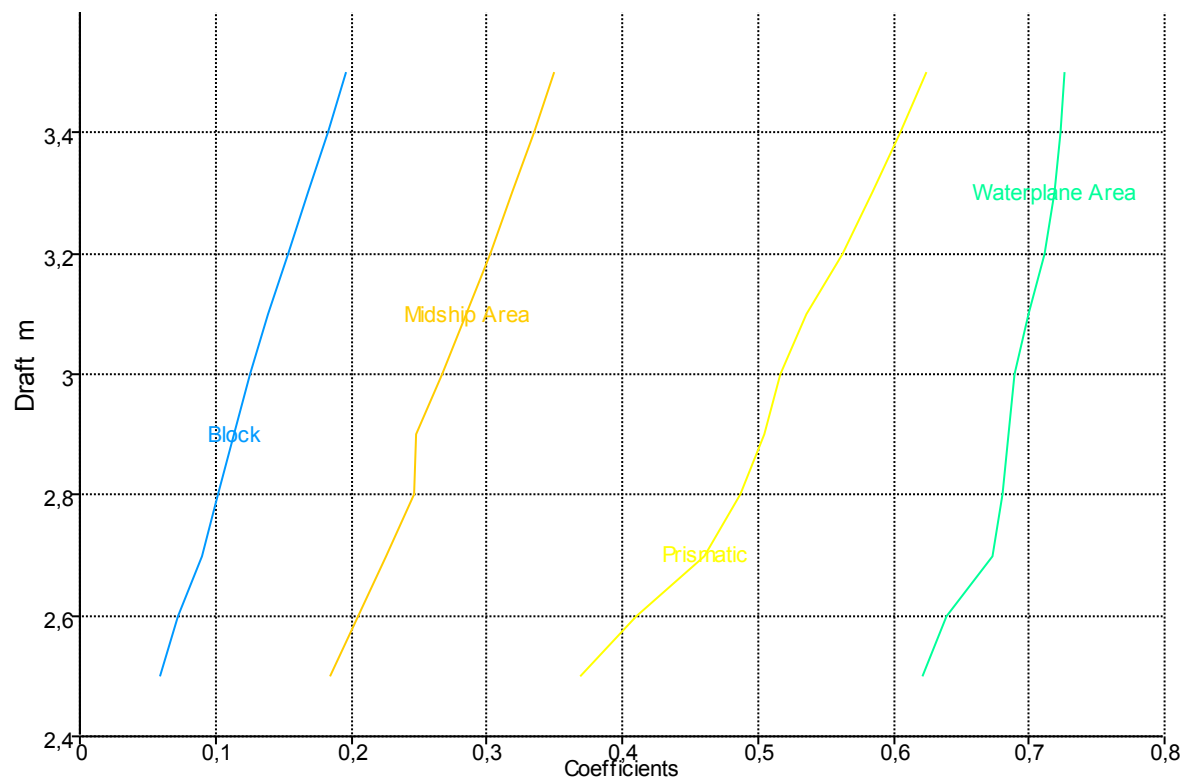
Damage Case - Intact

Fixed Trim = -0,05 m (+ve by stern)

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m³)

Draft Amidsh. m	2,500	2,600	2,700	2,800	2,900	3,000	3,100	3,200	3,300	3,400	3,500
Displacement tonne	7,262	10,54	14,32	18,51	23,10	28,06	33,36	38,90	44,60	50,42	56,35
Heel to Starboard degrees	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	2,525	2,625	2,725	2,825	2,925	3,025	3,125	3,225	3,325	3,425	3,525
Draft at AP m	2,475	2,575	2,675	2,775	2,875	2,975	3,075	3,175	3,275	3,375	3,475
Draft at LCF m	2,499	2,598	2,697	2,796	2,895	2,995	3,094	3,194	3,294	3,394	3,494
Trim (+ve by stern) m	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050
WL Length m	14,311	15,163	15,326	15,964	16,669	17,344	17,667	17,637	17,589	17,537	17,484
WL Beam m	3,351	3,582	3,778	3,946	4,084	4,196	4,291	4,378	4,451	4,516	4,577
Wetted Area m ²	41,793	47,945	53,594	59,106	64,708	70,248	75,339	79,578	83,719	87,821	91,533
Waterpl. Area m ²	29,817	34,729	38,971	42,844	46,626	50,156	53,085	54,912	56,259	57,306	58,161
Prismatic Coeff.	0,369	0,410	0,460	0,487	0,505	0,517	0,536	0,562	0,585	0,606	0,624
Block Coeff.	0,059	0,073	0,089	0,102	0,114	0,125	0,138	0,154	0,168	0,183	0,196
Midship Area Coeff.	0,184	0,206	0,226	0,247	0,248	0,267	0,285	0,303	0,319	0,335	0,350
Waterpl. Area Coeff.	0,622	0,639	0,673	0,680	0,685	0,689	0,700	0,711	0,719	0,724	0,727
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	9,383	9,279	9,132	8,970	8,802	8,633	8,467	8,325	8,210	8,120	8,046
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	9,134	8,853	8,559	8,277	7,984	7,709	7,506	7,440	7,420	7,424	7,440
KB m	2,239	2,338	2,420	2,494	2,564	2,632	2,697	2,761	2,823	2,883	2,942
KG m	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726
BMt m	2,759	2,527	2,328	2,162	2,018	1,888	1,770	1,658	1,552	1,454	1,367
BML m	38,839	36,978	34,267	31,994	30,602	29,459	27,829	25,161	22,664	20,487	18,609
GMt m	2,271	2,139	2,023	1,932	1,858	1,797	1,745	1,696	1,652	1,615	1,587
GML m	38,352	36,591	33,962	31,764	30,442	29,367	27,804	25,200	22,765	20,647	18,829
KMt m	4,997	4,865	4,748	4,656	4,582	4,520	4,468	4,419	4,375	4,337	4,308
KML m	41,078	39,316	36,687	34,488	33,166	32,090	30,527	27,922	25,487	23,369	21,551
Immersion (TPc) tonne/cm	0,306	0,356	0,399	0,439	0,478	0,514	0,544	0,563	0,577	0,587	0,596
MTc tonne.m	0,171	0,237	0,298	0,360	0,431	0,505	0,569	0,601	0,622	0,638	0,650
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,288	0,394	0,505	0,624	0,749	0,880	1,016	1,152	1,286	1,421	1,560
Max deck inclination deg	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2





Hydrostatics - final

Hydromax 13.01, build: 2091

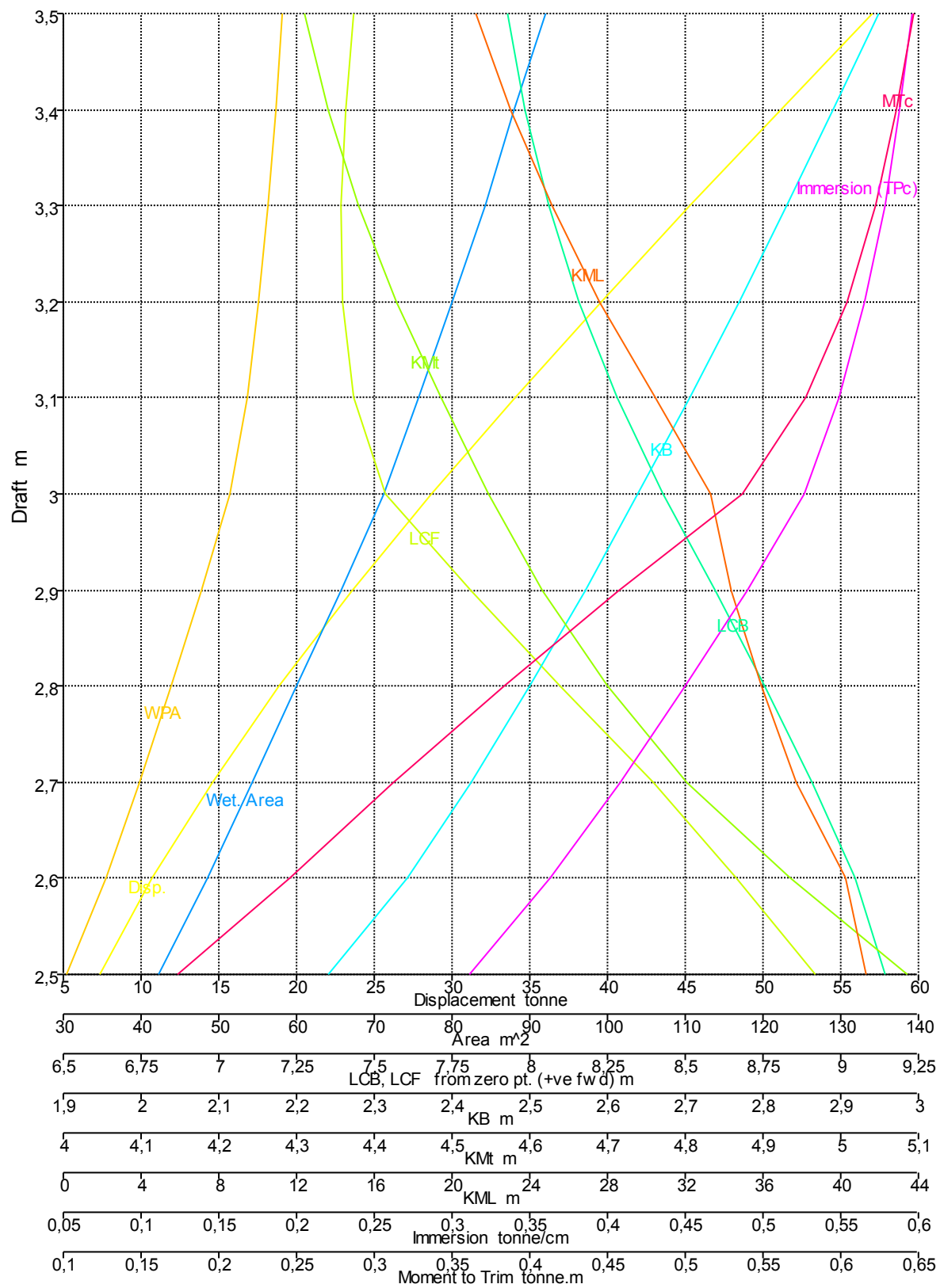
Model file: C:\Users\pablo\Desktop\MAXSURF 20 grado\final (Medium precision, 54 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp.‰: 0,01000(0,100); Trim‰(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel‰(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

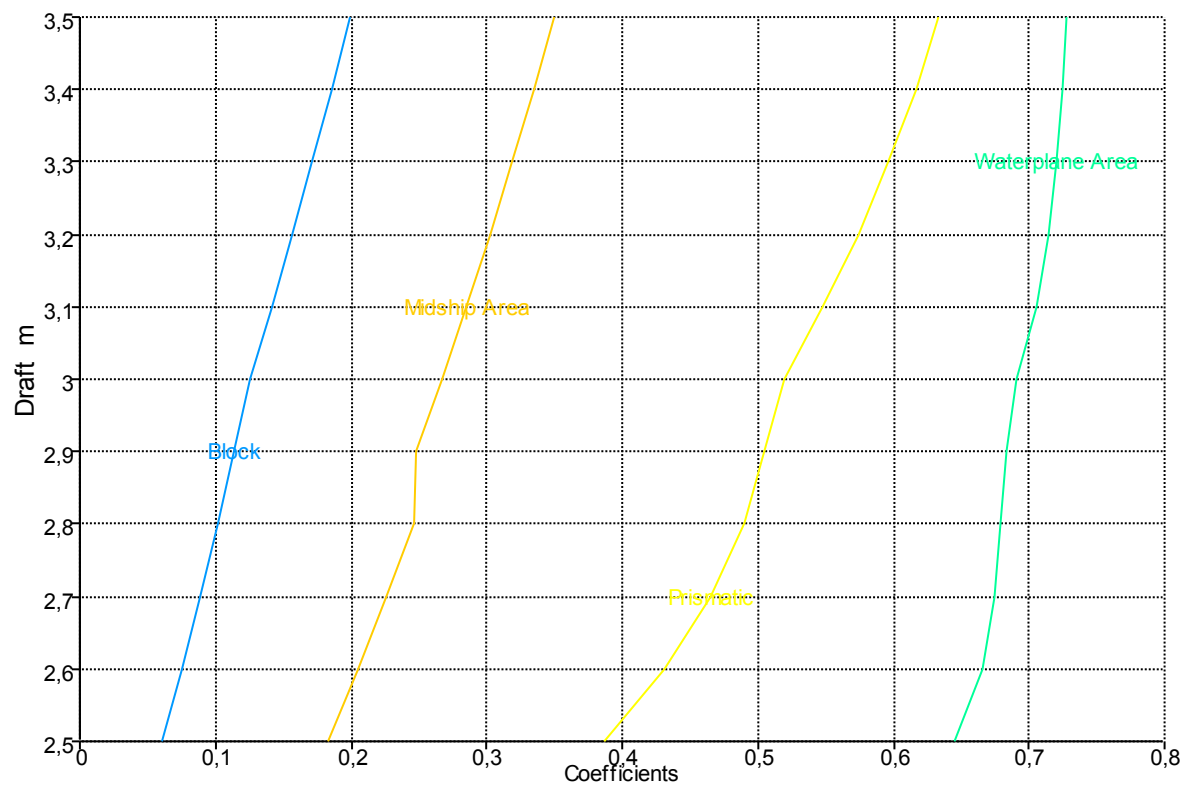
Damage Case - Intact

Fixed Trim = 0,05 m (+ve by stern)

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m³)

Draft Amidsh. m	2,500	2,600	2,700	2,800	2,900	3,000	3,100	3,200	3,300	3,400	3,500
Displacement tonne	7,346	10,70	14,56	18,86	23,56	28,65	34,03	39,61	45,33	51,16	57,08
Heel to Starboard degrees	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	2,475	2,575	2,675	2,775	2,875	2,975	3,075	3,175	3,275	3,375	3,475
Draft at AP m	2,525	2,625	2,725	2,825	2,925	3,025	3,125	3,225	3,325	3,425	3,525
Draft at LCF m	2,502	2,602	2,703	2,804	2,905	3,006	3,106	3,206	3,306	3,406	3,506
Trim (+ve by stern) m	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
WL Length m	13,925	14,766	15,506	16,287	17,011	17,651	17,630	17,588	17,538	17,486	17,433
WL Beam m	3,375	3,612	3,802	3,971	4,103	4,212	4,309	4,392	4,466	4,529	4,588
Wetted Area m ²	42,300	48,486	54,261	60,029	65,662	71,308	75,793	80,063	84,242	87,987	92,123
Waterpl. Area m ²	30,324	35,471	39,808	43,946	47,742	51,347	53,579	55,180	56,401	57,366	58,162
Prismatic Coeff.	0,387	0,431	0,466	0,490	0,505	0,519	0,548	0,574	0,597	0,616	0,634
Block Coeff.	0,061	0,075	0,089	0,102	0,114	0,125	0,141	0,156	0,171	0,185	0,199
Midship Area Coeff.	0,183	0,205	0,226	0,246	0,247	0,267	0,285	0,303	0,319	0,335	0,350
Waterpl. Area Coeff.	0,645	0,665	0,675	0,680	0,684	0,691	0,705	0,714	0,720	0,724	0,727
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	9,140	9,047	8,910	8,757	8,595	8,430	8,279	8,157	8,061	7,986	7,928
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	8,918	8,663	8,400	8,096	7,812	7,534	7,434	7,399	7,395	7,408	7,431
KB m	2,241	2,342	2,425	2,500	2,571	2,639	2,705	2,769	2,830	2,890	2,949
KG m	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726
BMt m	2,844	2,592	2,377	2,200	2,046	1,909	1,780	1,660	1,550	1,450	1,361
BML m	39,072	37,911	35,286	33,416	31,807	30,637	27,709	24,827	22,290	20,121	18,273
GMt m	2,359	2,207	2,074	1,971	1,888	1,819	1,756	1,699	1,650	1,609	1,579
GML m	38,586	37,526	34,983	33,188	31,649	30,548	27,685	24,866	22,390	20,281	18,491
KMt m	5,086	4,934	4,802	4,699	4,616	4,548	4,485	4,429	4,380	4,340	4,310
KML m	41,313	40,253	37,710	35,916	34,378	33,277	30,414	27,596	25,120	23,012	21,222
Immersion (TPc) tonne/cm	0,311	0,364	0,408	0,450	0,489	0,526	0,549	0,566	0,578	0,588	0,596
MTc tonne.m	0,174	0,246	0,312	0,384	0,457	0,536	0,578	0,604	0,622	0,636	0,647
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,302	0,412	0,527	0,649	0,776	0,909	1,043	1,174	1,305	1,437	1,573
Max deck inclination deg	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Trim angle (+ve by stern) deg	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2





Hydrostatics - final

Hydromax 13.01, build: 2091

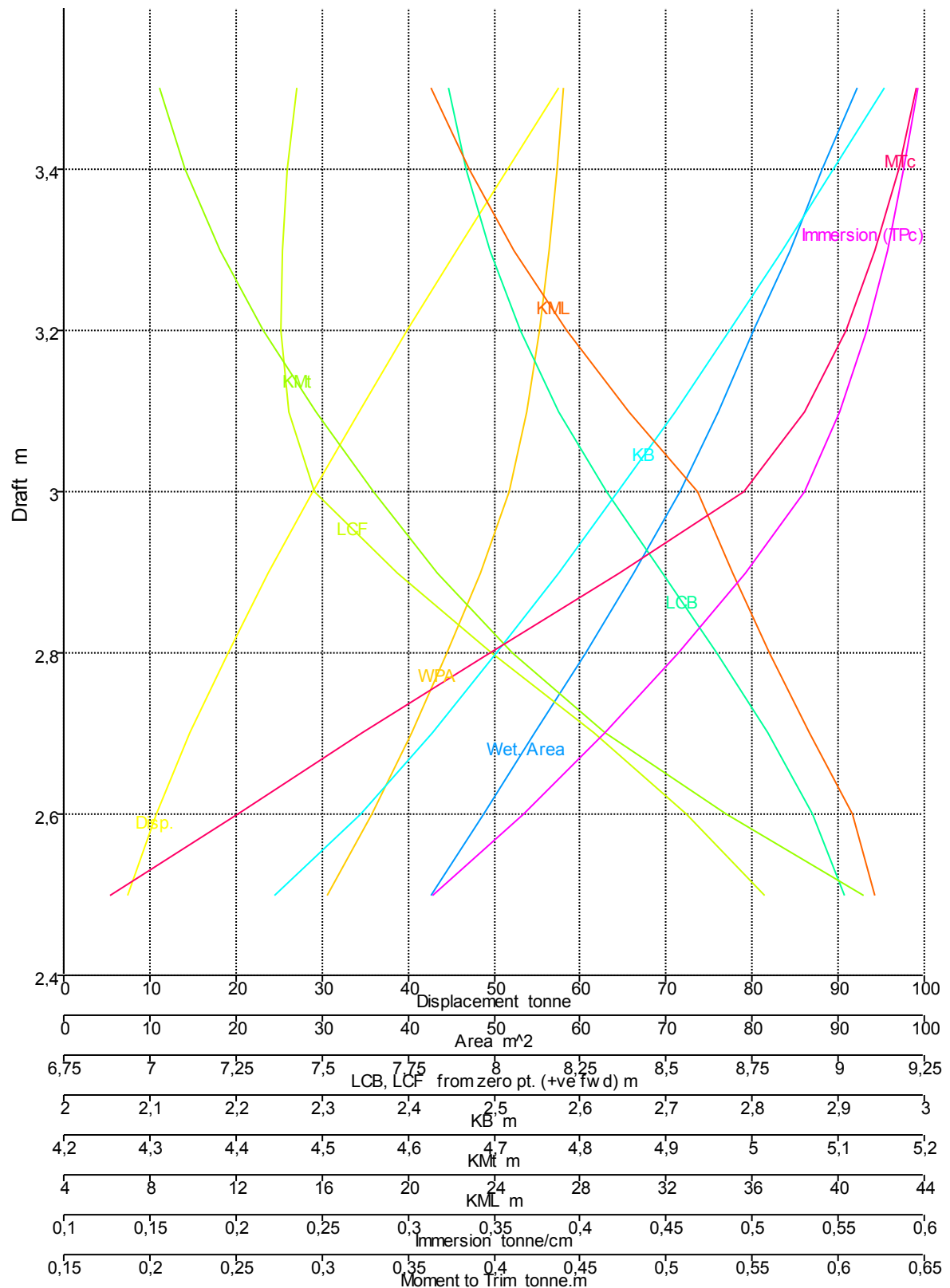
Model file: C:\Users\pablo\Desktop\MAXSURF 20 gradofinal (Medium precision, 54 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp.‰: 0,01000(0,100); Trim‰(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel‰(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

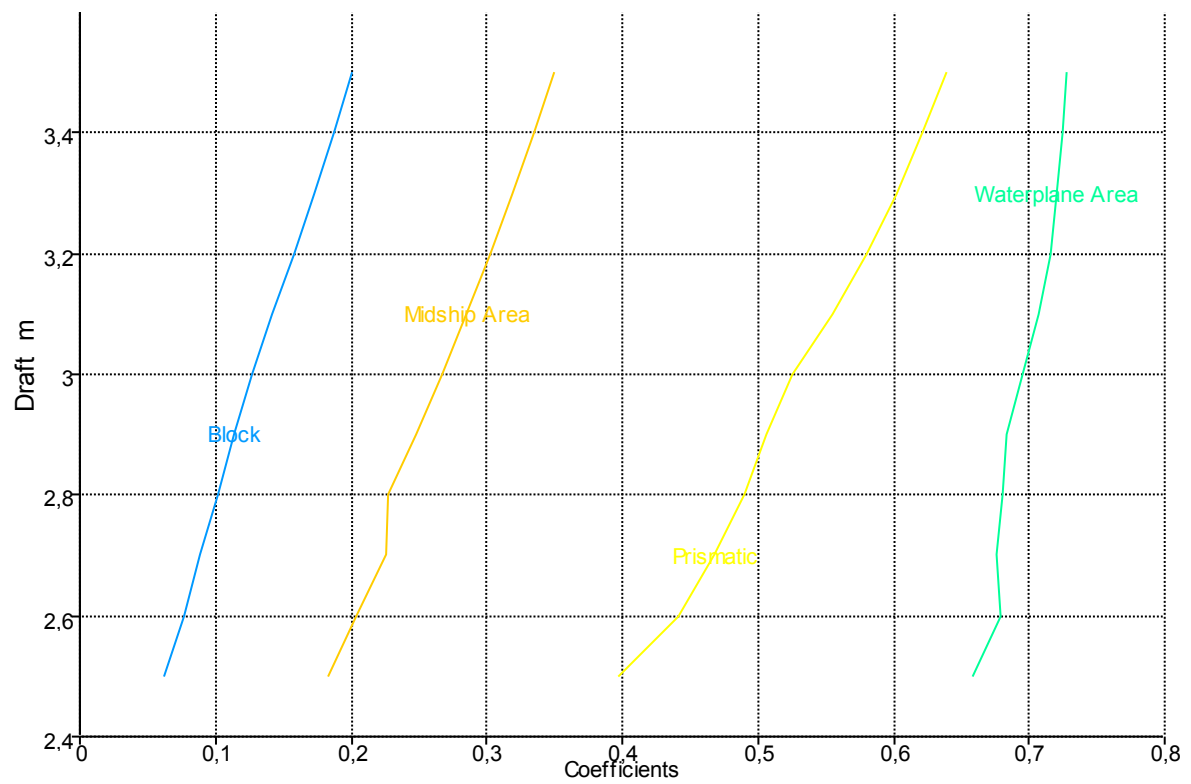
Damage Case - Intact

Fixed Trim = 0,1 m (+ve by stern)

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m³)

Draft Amidsh. m	2,500	2,600	2,700	2,800	2,900	3,000	3,100	3,200	3,300	3,400	3,500
Displacement tonne	7,405	10,79	14,70	19,06	23,82	28,96	34,38	39,97	45,69	51,53	57,45
Heel to Starboard degrees	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	2,450	2,550	2,650	2,750	2,850	2,950	3,050	3,150	3,250	3,350	3,450
Draft at AP m	2,550	2,650	2,750	2,850	2,950	3,050	3,150	3,250	3,350	3,450	3,550
Draft at LCF m	2,504	2,606	2,707	2,809	2,911	3,012	3,113	3,213	3,313	3,413	3,512
Trim (+ve by stern) m	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
WL Length m	13,738	14,581	15,643	16,457	17,193	17,635	17,609	17,564	17,513	17,461	17,407
WL Beam m	3,392	3,625	3,818	3,982	4,113	4,222	4,318	4,400	4,473	4,535	4,593
Wetted Area m ²	42,670	48,854	54,688	60,579	66,207	71,672	75,989	80,194	84,337	88,065	92,182
Waterpl. Area m ²	30,684	35,862	40,409	44,576	48,359	51,735	53,781	55,285	56,454	57,385	58,156
Prismatic Coeff.	0,397	0,442	0,468	0,490	0,506	0,525	0,555	0,580	0,602	0,622	0,639
Block Coeff.	0,062	0,077	0,089	0,101	0,113	0,126	0,142	0,158	0,172	0,187	0,200
Midship Area Coeff.	0,183	0,204	0,225	0,227	0,247	0,267	0,285	0,303	0,319	0,335	0,350
Waterpl. Area Coeff.	0,658	0,678	0,677	0,680	0,684	0,695	0,707	0,715	0,721	0,725	0,727
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	9,018	8,926	8,796	8,646	8,488	8,327	8,186	8,075	7,989	7,920	7,869
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	8,786	8,560	8,290	7,993	7,718	7,478	7,404	7,381	7,384	7,401	7,427
KB m	2,244	2,345	2,428	2,503	2,575	2,644	2,710	2,773	2,834	2,894	2,953
KG m	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726
BMt m	2,885	2,625	2,401	2,217	2,058	1,917	1,783	1,659	1,548	1,447	1,358
BML m	39,429	38,302	36,229	34,275	32,507	30,784	27,578	24,628	22,090	19,933	18,102
GMt m	2,401	2,240	2,099	1,990	1,901	1,828	1,759	1,698	1,647	1,606	1,575
GML m	38,944	37,918	35,926	34,048	32,350	30,695	27,554	24,667	22,189	20,091	18,319
KMt m	5,129	4,969	4,829	4,721	4,633	4,560	4,493	4,433	4,382	4,341	4,311
KML m	41,673	40,647	38,656	36,779	35,082	33,428	30,287	27,401	24,924	22,827	21,055
Immersion (TPc) tonne/cm	0,315	0,368	0,414	0,457	0,496	0,530	0,551	0,567	0,579	0,588	0,596
MTc tonne.m	0,177	0,251	0,324	0,398	0,472	0,545	0,581	0,604	0,622	0,635	0,645
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,310	0,422	0,538	0,662	0,790	0,924	1,055	1,184	1,314	1,444	1,579
Max deck inclination deg	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Trim angle (+ve by stern) deg	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4





Hydrostatics - final

Hydromax 13.01, build: 2091

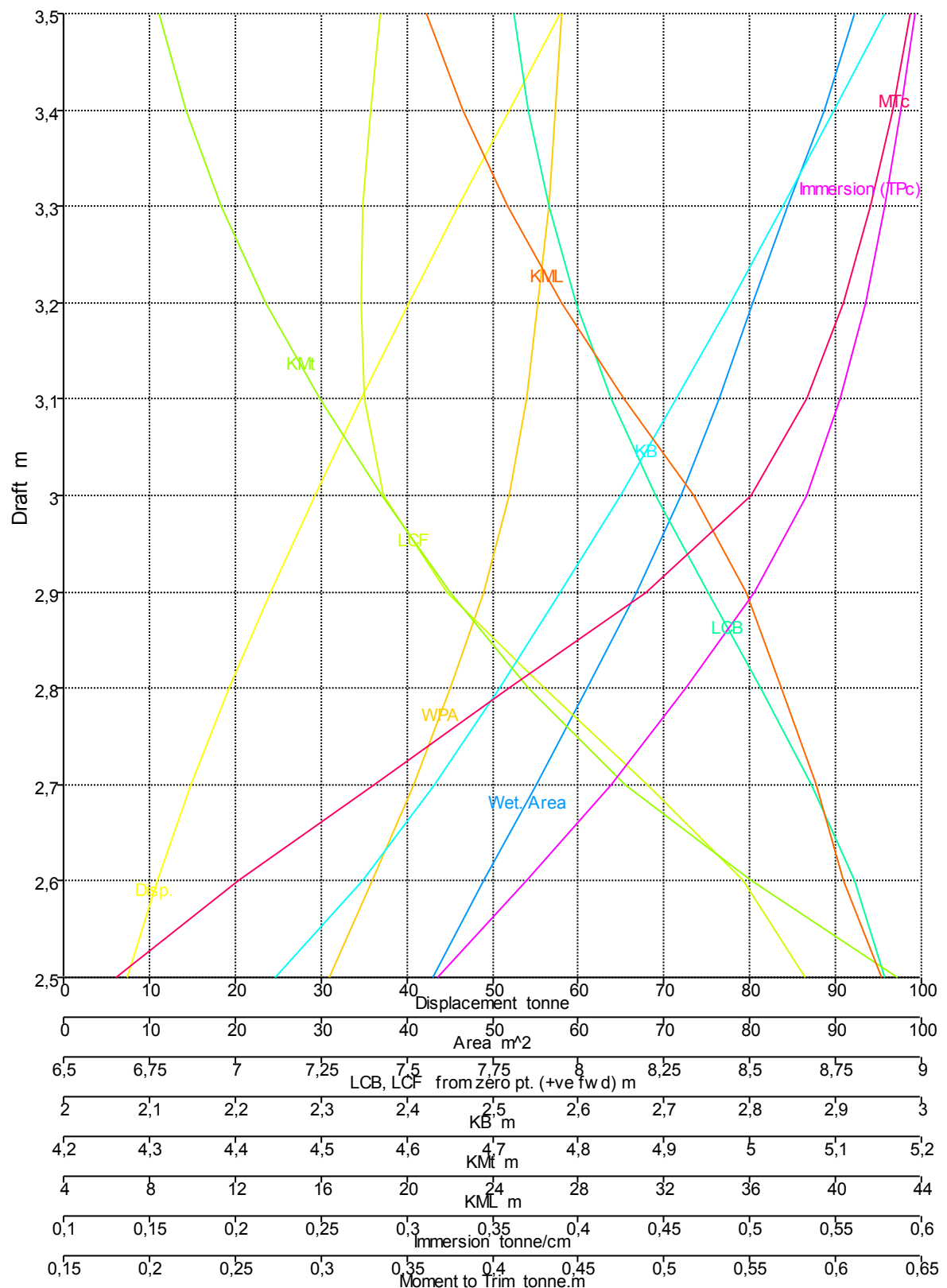
Model file: C:\Users\pablo\Desktop\MAXSURF 20 gradofinal (Medium precision, 54 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp.‰: 0,01000(0,100); Trim‰(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel‰(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

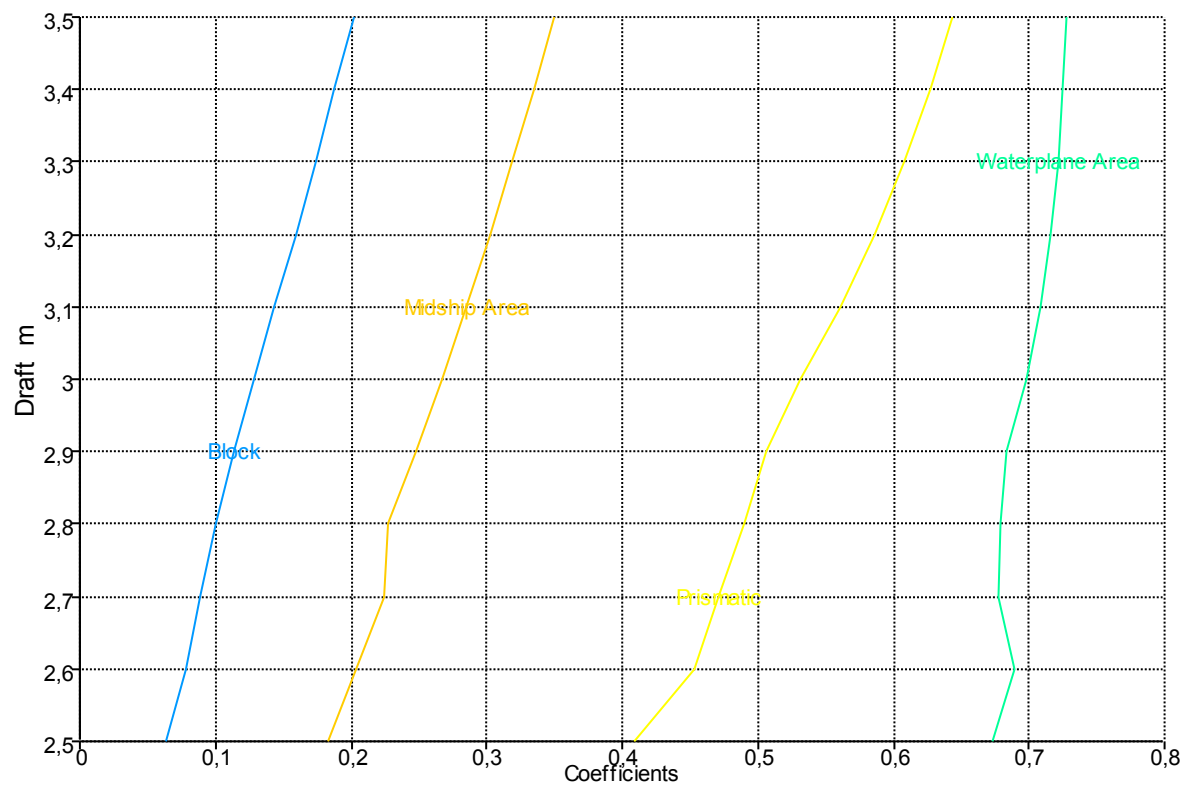
Damage Case - Intact

Fixed Trim = 0,15 m (+ve by stern)

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m³)

Draft Amidsh. m	2,500	2,600	2,700	2,800	2,900	3,000	3,100	3,200	3,300	3,400	3,500
Displacement tonne	7,478	10,90	14,86	19,27	24,09	29,29	34,73	40,33	46,06	51,91	57,82
Heel to Starboard degrees	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	2,425	2,525	2,625	2,725	2,825	2,925	3,025	3,125	3,225	3,325	3,425
Draft at AP m	2,575	2,675	2,775	2,875	2,975	3,075	3,175	3,275	3,375	3,475	3,575
Draft at LCF m	2,507	2,609	2,712	2,814	2,917	3,019	3,119	3,219	3,319	3,419	3,519
Trim (+ve by stern) m	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
WL Length m	13,552	14,397	15,733	16,631	17,382	17,618	17,587	17,539	17,488	17,435	17,382
WL Beam m	3,409	3,638	3,834	3,994	4,123	4,233	4,326	4,407	4,479	4,541	4,599
Wetted Area m ²	43,068	49,057	55,168	61,065	66,798	71,937	76,400	80,317	84,427	88,604	92,241
Waterpl. Area m ²	31,067	36,080	40,854	45,137	49,018	52,034	53,951	55,375	56,497	57,397	58,144
Prismatic Coeff.	0,408	0,454	0,471	0,491	0,506	0,532	0,561	0,586	0,608	0,628	0,644
Block Coeff.	0,063	0,078	0,089	0,101	0,113	0,128	0,144	0,159	0,174	0,188	0,202
Midship Area Coeff.	0,182	0,204	0,225	0,227	0,247	0,267	0,285	0,302	0,319	0,335	0,350
Waterpl. Area Coeff.	0,672	0,689	0,677	0,679	0,684	0,698	0,709	0,716	0,721	0,725	0,727
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	8,893	8,806	8,678	8,534	8,378	8,223	8,094	7,994	7,917	7,856	7,812
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	8,659	8,480	8,202	7,901	7,618	7,434	7,378	7,365	7,374	7,395	7,424
KB m	2,247	2,348	2,432	2,508	2,580	2,649	2,714	2,778	2,839	2,899	2,957
KG m	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726
BMt m	2,924	2,654	2,424	2,234	2,070	1,923	1,785	1,658	1,545	1,444	1,354
BML m	39,866	38,045	36,684	34,936	33,273	30,757	27,402	24,414	21,883	19,742	17,931
GMt m	2,440	2,270	2,122	2,007	1,914	1,834	1,761	1,696	1,644	1,601	1,570
GML m	39,382	37,661	36,382	34,709	33,116	30,668	27,378	24,452	21,981	19,900	18,146
KMt m	5,172	5,002	4,856	4,742	4,650	4,572	4,499	4,436	4,384	4,342	4,311
KML m	42,113	40,393	39,116	37,443	35,852	33,405	30,116	27,191	24,721	22,640	20,888
Immersion (TPc) tonne/cm	0,318	0,370	0,419	0,463	0,502	0,533	0,553	0,568	0,579	0,588	0,596
MTc tonne.m	0,181	0,252	0,331	0,410	0,489	0,551	0,583	0,605	0,621	0,633	0,643
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,318	0,432	0,550	0,675	0,805	0,938	1,067	1,194	1,322	1,451	1,584
Max deck inclination deg	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Trim angle (+ve by stern) deg	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5





Hydrostatics - final

Hydromax 13.01, build: 2091

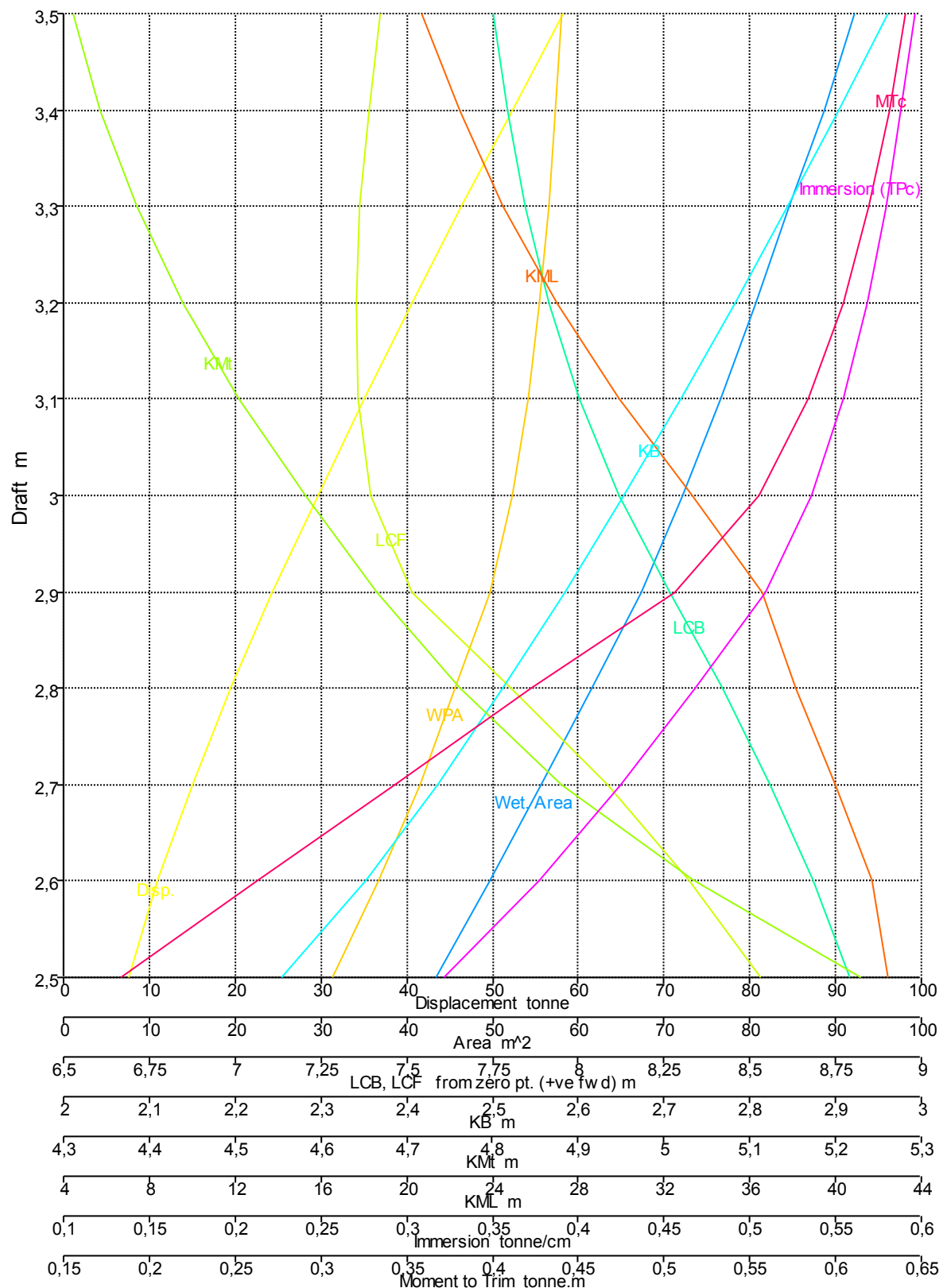
Model file: C:\Users\pablo\Desktop\MAXSURF 20 grado\final (Medium precision, 54 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp.‰: 0,01000(0,100); Trim‰(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel‰(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

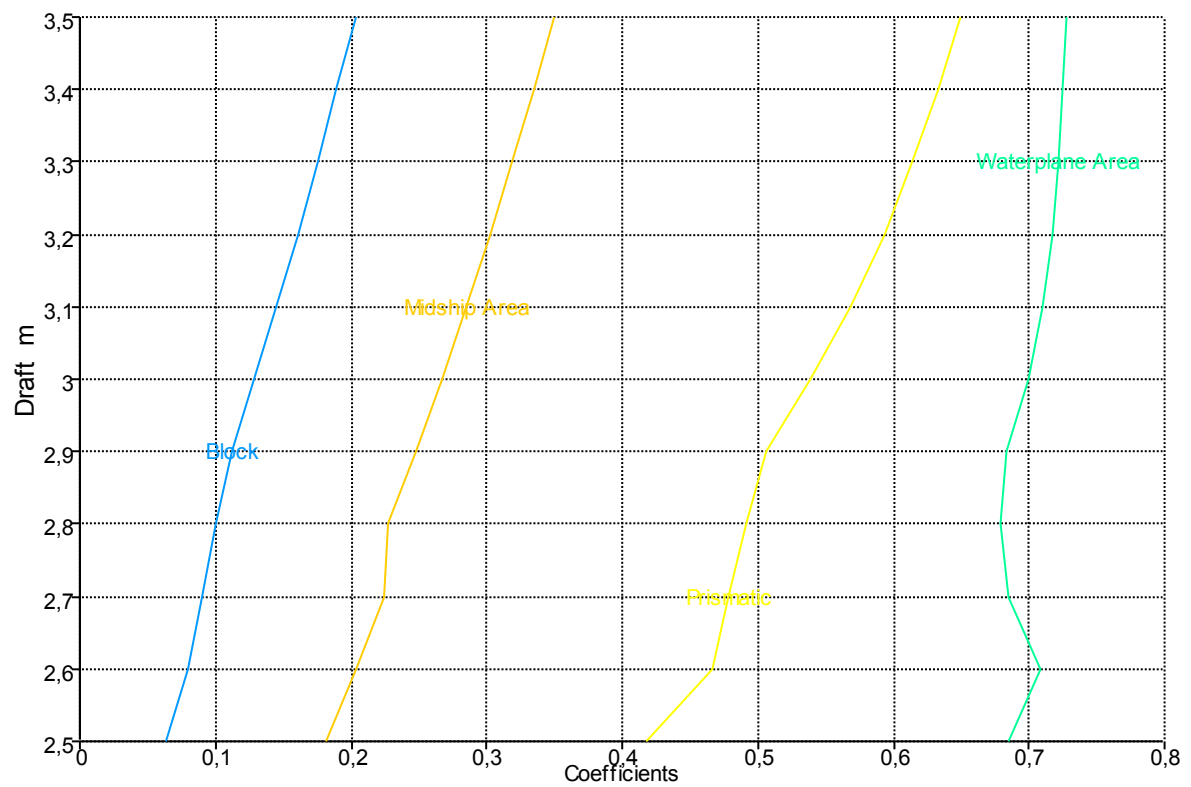
Damage Case - Intact

Fixed Trim = 0,2 m (+ve by stern)

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m³)

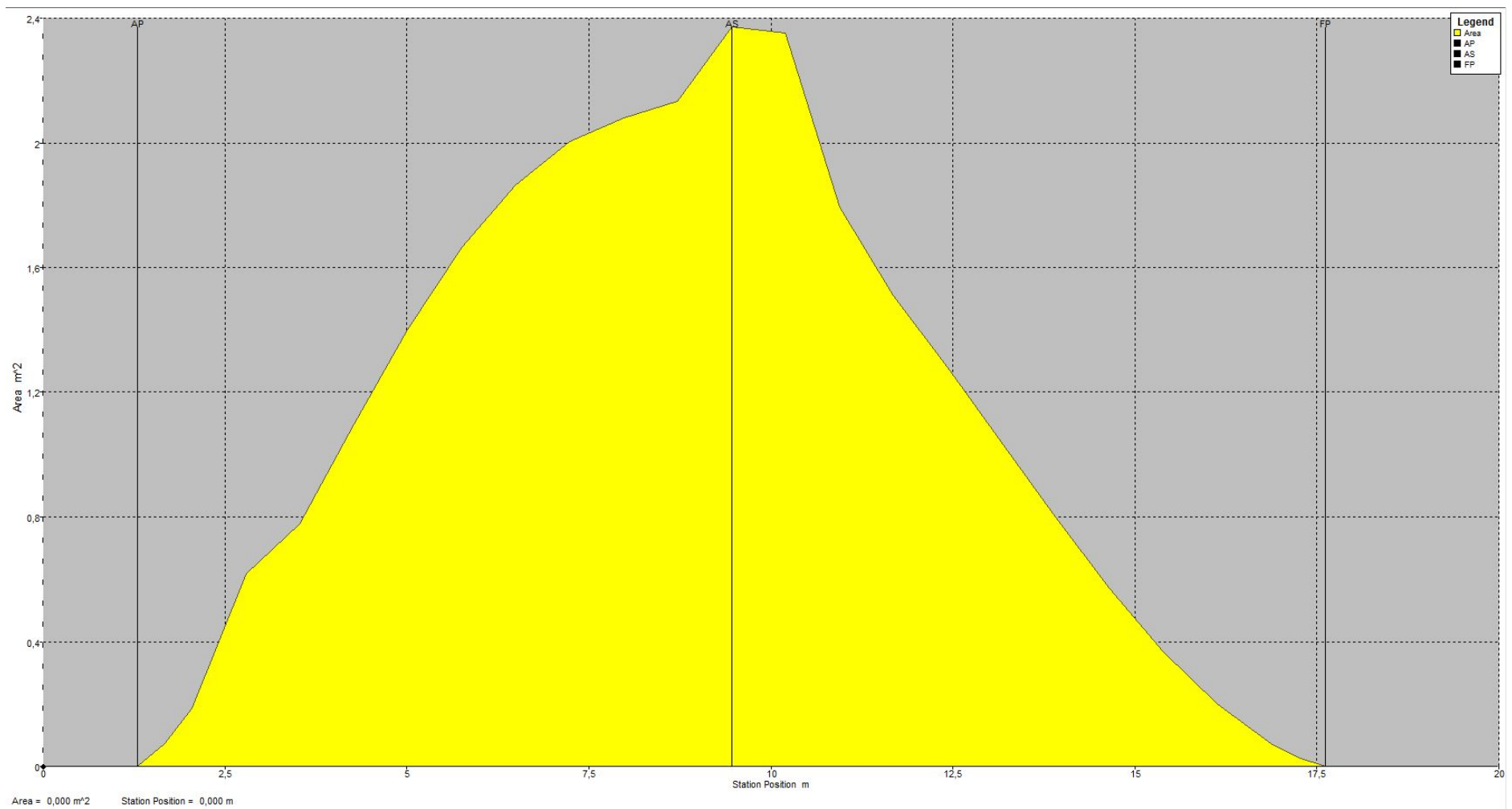
Draft Amidsh. m	2,500	2,600	2,700	2,800	2,900	3,000	3,100	3,200	3,300	3,400	3,500
Displacement tonne	7,530	11,02	15,03	19,50	24,39	29,62	35,08	40,70	46,44	52,27	58,19
Heel to Starboard degrees	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	2,400	2,500	2,600	2,700	2,800	2,900	3,000	3,100	3,200	3,300	3,400
Draft at AP m	2,600	2,700	2,800	2,900	3,000	3,100	3,200	3,300	3,400	3,500	3,600
Draft at LCF m	2,511	2,614	2,717	2,820	2,924	3,025	3,126	3,226	3,326	3,425	3,525
Trim (+ve by stern) m	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
WL Length m	13,376	14,214	15,732	16,804	17,580	17,600	17,563	17,514	17,463	17,410	17,356
WL Beam m	3,426	3,653	3,849	4,006	4,133	4,243	4,335	4,414	4,485	4,548	4,604
Wetted Area m ²	43,424	49,784	55,736	61,585	67,396	72,171	76,547	80,738	84,513	88,669	92,298
Waterpl. Area m ²	31,395	36,771	41,467	45,727	49,677	52,291	54,091	55,451	56,531	57,402	58,130
Prismatic Coeff.	0,418	0,466	0,478	0,491	0,507	0,539	0,568	0,593	0,614	0,633	0,649
Block Coeff.	0,064	0,080	0,090	0,101	0,113	0,129	0,145	0,160	0,175	0,189	0,203
Midship Area Coeff.	0,182	0,204	0,224	0,227	0,247	0,267	0,285	0,302	0,319	0,335	0,350
Waterpl. Area Coeff.	0,685	0,708	0,685	0,679	0,684	0,700	0,710	0,717	0,722	0,725	0,727
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	8,793	8,683	8,559	8,418	8,266	8,121	8,004	7,914	7,846	7,793	7,754
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	8,530	8,324	8,085	7,804	7,518	7,395	7,356	7,351	7,365	7,389	7,421
KB m	2,254	2,352	2,436	2,512	2,585	2,654	2,719	2,782	2,843	2,903	2,961
KG m	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726	2,726
BMt m	2,975	2,683	2,445	2,250	2,082	1,928	1,785	1,656	1,542	1,440	1,351
BML m	40,164	39,334	37,550	35,624	34,015	30,646	27,186	24,187	21,669	19,550	17,759
GMt m	2,495	2,300	2,144	2,024	1,926	1,839	1,761	1,694	1,640	1,597	1,565
GML m	39,685	38,950	37,249	35,398	33,859	30,557	27,161	24,225	21,767	19,707	17,973
KMt m	5,229	5,035	4,881	4,762	4,666	4,582	4,505	4,439	4,386	4,343	4,312
KML m	42,419	41,686	39,986	38,136	36,599	33,300	29,905	26,970	24,513	22,453	20,720
Immersion (TPc) tonne/cm	0,322	0,377	0,425	0,469	0,509	0,536	0,554	0,568	0,579	0,588	0,596
MTc tonne.m	0,183	0,263	0,343	0,423	0,506	0,555	0,584	0,604	0,620	0,632	0,641
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,328	0,442	0,562	0,689	0,820	0,951	1,078	1,203	1,329	1,457	1,589
Max deck inclination deg	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Trim angle (+ve by stern) deg	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7





ANEXO II

Se presenta la curva de áreas característica del casco con apéndices

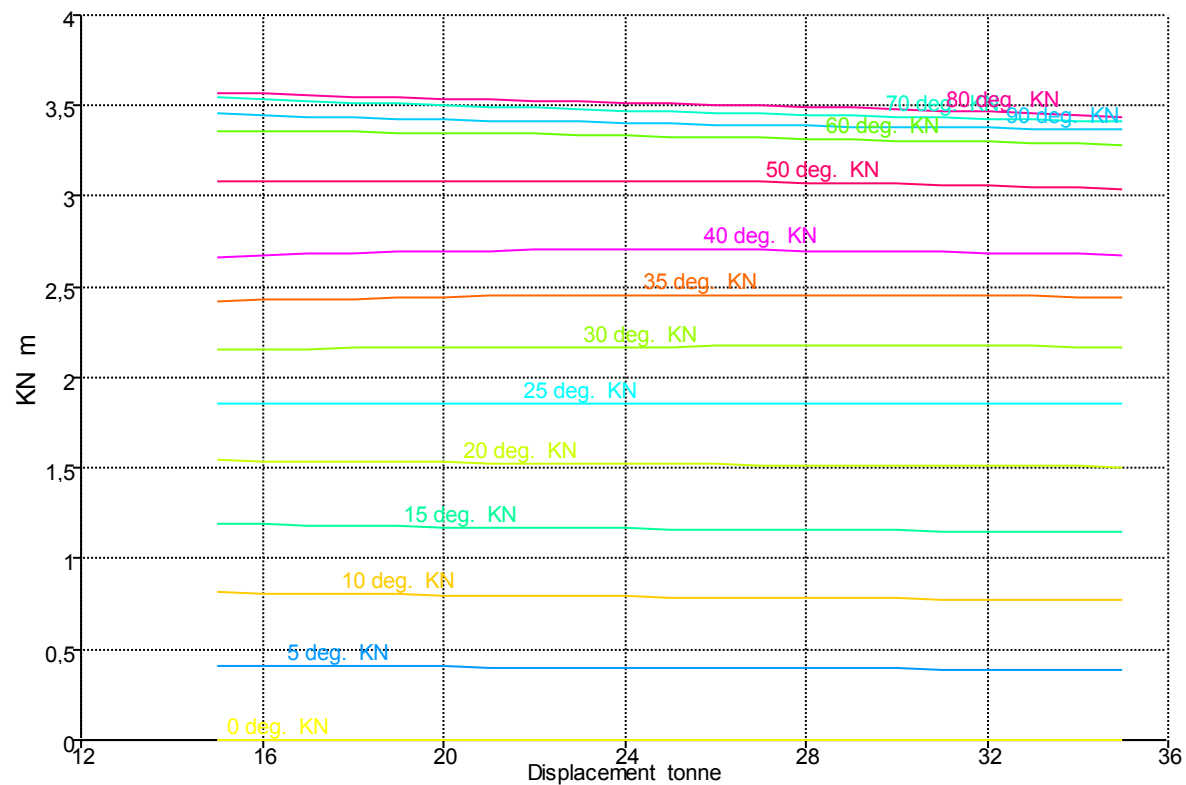


ANEXO III

Se presentan los cálculos de curva KN

KN Calculation - final

Initial Trim = 0 m (+ve by stern)
Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m³)
VCG = -0,1 m



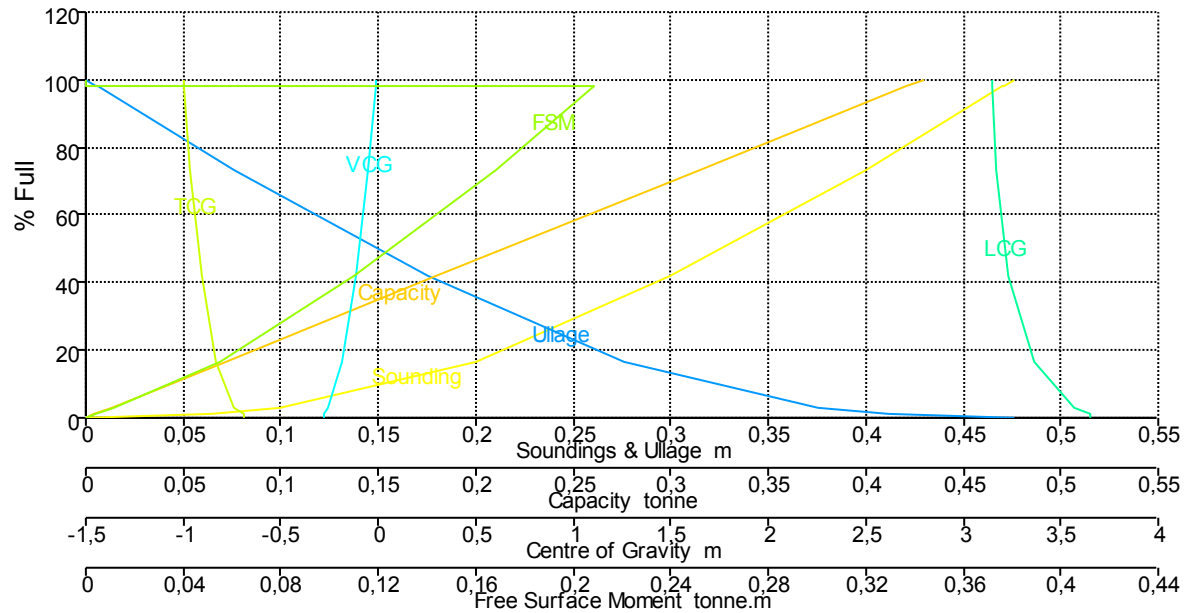
Displacement tonne	LCG m	KN 0,0 deg.	KN 5,0 deg. Starb.	KN 10,0 deg. Starb.	KN 15,0 deg. Starb.	KN 20,0 deg. Starb.	KN 25,0 deg. Starb.	KN 30,0 deg. Starb.	KN 35,0 deg. Starb.	KN 40,0 deg. Starb.	KN 50,0 deg. Starb.	KN 60,0 deg. Starb.	KN 70,0 deg. Starb.	KN 80,0 deg. Starb.	KN 90,0 deg. Starb.
15,00	9,000	0,000	0,413	0,814	1,192	1,542	1,861	2,153	2,420	2,666	3,078	3,364	3,550	3,572	3,450
16,00	8,964	0,000	0,411	0,811	1,189	1,539	1,861	2,156	2,426	2,675	3,081	3,361	3,538	3,565	3,440
17,00	8,926	0,000	0,409	0,808	1,185	1,537	1,861	2,158	2,431	2,682	3,084	3,359	3,527	3,558	3,440
18,00	8,889	0,000	0,408	0,805	1,182	1,535	1,861	2,161	2,436	2,688	3,086	3,356	3,517	3,551	3,430
19,00	8,853	0,000	0,406	0,802	1,179	1,533	1,861	2,163	2,441	2,693	3,087	3,353	3,509	3,545	3,430
20,00	8,817	0,000	0,404	0,799	1,177	1,531	1,860	2,164	2,445	2,697	3,088	3,350	3,502	3,539	3,420
21,00	8,781	0,000	0,403	0,797	1,174	1,529	1,860	2,166	2,448	2,700	3,088	3,346	3,495	3,533	3,410
22,00	8,746	0,000	0,402	0,794	1,171	1,527	1,859	2,167	2,452	2,702	3,088	3,343	3,488	3,528	3,410
23,00	8,711	0,000	0,400	0,792	1,169	1,526	1,859	2,169	2,454	2,703	3,087	3,339	3,481	3,522	3,410
24,00	8,677	0,000	0,399	0,790	1,167	1,524	1,859	2,170	2,456	2,704	3,085	3,335	3,474	3,517	3,400
25,00	8,643	0,000	0,398	0,788	1,165	1,522	1,858	2,171	2,457	2,704	3,084	3,331	3,468	3,512	3,400
26,00	8,609	0,000	0,397	0,786	1,163	1,521	1,858	2,172	2,458	2,704	3,081	3,327	3,461	3,506	3,390
27,00	8,576	0,000	0,396	0,785	1,161	1,519	1,857	2,173	2,458	2,703	3,079	3,322	3,455	3,501	3,390
28,00	8,544	0,000	0,395	0,783	1,159	1,518	1,857	2,174	2,458	2,701	3,075	3,318	3,449	3,496	3,380
29,00	8,512	0,000	0,394	0,781	1,157	1,516	1,856	2,174	2,457	2,699	3,072	3,313	3,443	3,489	3,380
30,00	8,480	0,000	0,393	0,780	1,155	1,515	1,856	2,174	2,456	2,697	3,068	3,309	3,437	3,482	3,380
31,00	8,450	0,000	0,392	0,778	1,153	1,513	1,855	2,174	2,454	2,694	3,063	3,304	3,432	3,474	3,370
32,00	8,420	0,000	0,391	0,777	1,152	1,512	1,854	2,173	2,452	2,690	3,058	3,299	3,426	3,466	3,370
33,00	8,392	0,000	0,390	0,775	1,150	1,510	1,854	2,172	2,449	2,686	3,053	3,293	3,420	3,458	3,370
34,00	8,365	0,000	0,390	0,774	1,148	1,509	1,853	2,171	2,446	2,682	3,048	3,288	3,415	3,449	3,370
35,00	8,339	0,000	0,389	0,772	1,147	1,507	1,852	2,169	2,443	2,677	3,042	3,282	3,409	3,441	3,360

ANEXO IV

Resume las tablas de capacidad de los tanques del barco

Tank Calibrations - Gasoil br

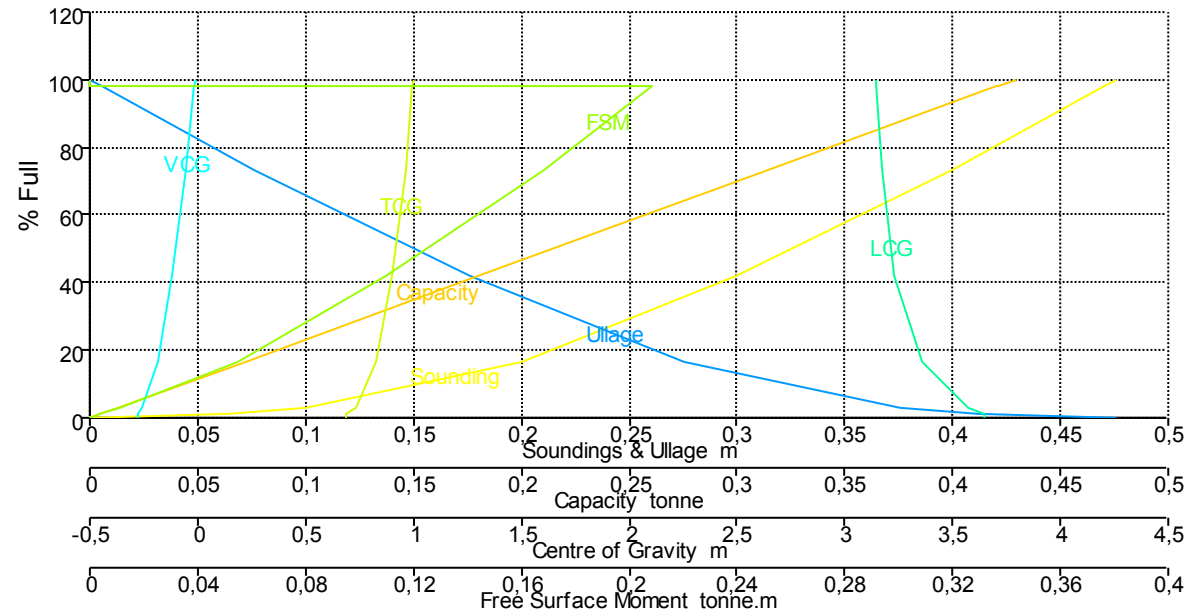
Fluid Type = Diesel Relative Density = 0,84
Permeability = 100 %
Trim = 0 m (+ve by stern)



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
0,476	0,000	100,0	0,512	0,430	3,148	-1,000	-0,011	0,000
0,470	0,005	98,0	0,501	0,421	3,150	-0,998	-0,014	0,000
0,470	0,006	97,9	0,501	0,421	3,150	-0,998	-0,014	0,208
0,400	0,076	73,2	0,374	0,315	3,172	-0,962	-0,056	0,168
0,300	0,176	41,8	0,214	0,180	3,228	-0,901	-0,118	0,110
0,200	0,276	16,8	0,086	0,072	3,363	-0,829	-0,184	0,055
0,100	0,376	3,0	0,016	0,013	3,571	-0,737	-0,254	0,011
0,064	0,412	1,0	0,005	0,004	3,648	-0,688	-0,280	0,004
0,000	0,476	0,0	0,000	0,000	3,648	-0,688	-0,280	0,000

Tank Calibrations - Gasoil es

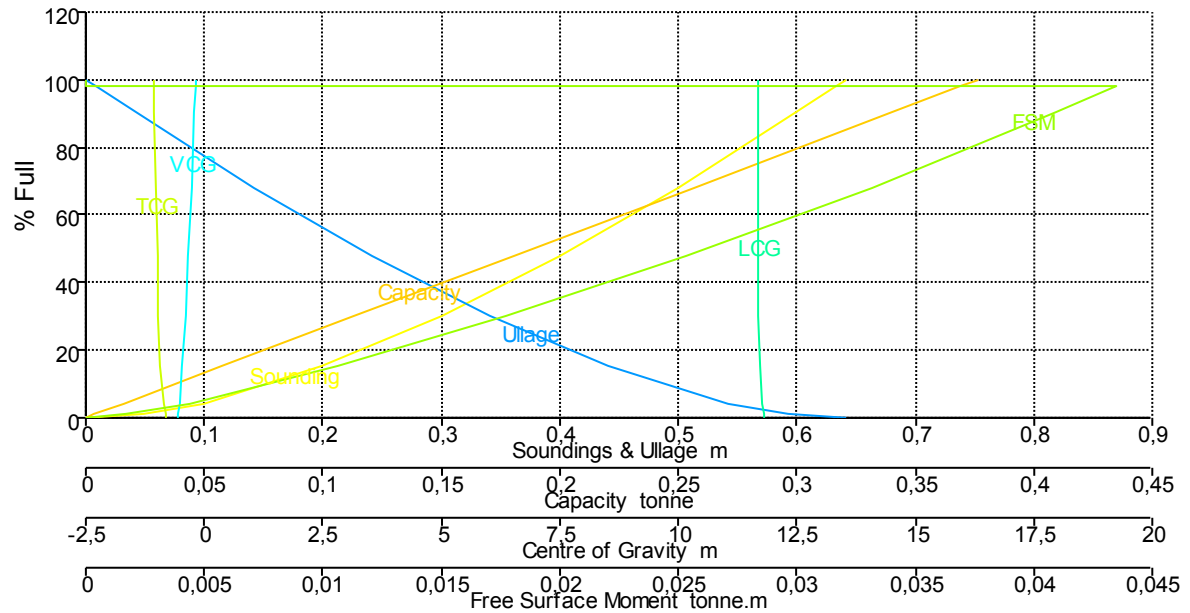
Fluid Type = Diesel Relative Density = 0,84
Permeability = 100 %
Trim = 0 m (+ve by stern)



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
0,476	0,000	100,0	0,512	0,430	3,148	1,000	-0,011	0,000
0,470	0,005	98,0	0,501	0,421	3,150	0,998	-0,014	0,000
0,470	0,006	97,9	0,501	0,421	3,150	0,998	-0,014	0,208
0,400	0,076	73,2	0,374	0,315	3,172	0,962	-0,056	0,168
0,300	0,176	41,8	0,214	0,180	3,228	0,901	-0,118	0,110
0,200	0,276	16,8	0,086	0,072	3,363	0,829	-0,184	0,055
0,100	0,376	3,0	0,016	0,013	3,571	0,737	-0,254	0,011
0,064	0,412	1,0	0,005	0,004	3,648	0,688	-0,280	0,004
0,000	0,476	0,0	0,000	0,000	3,648	0,688	-0,280	0,000

Tank Calibrations - Agua Br

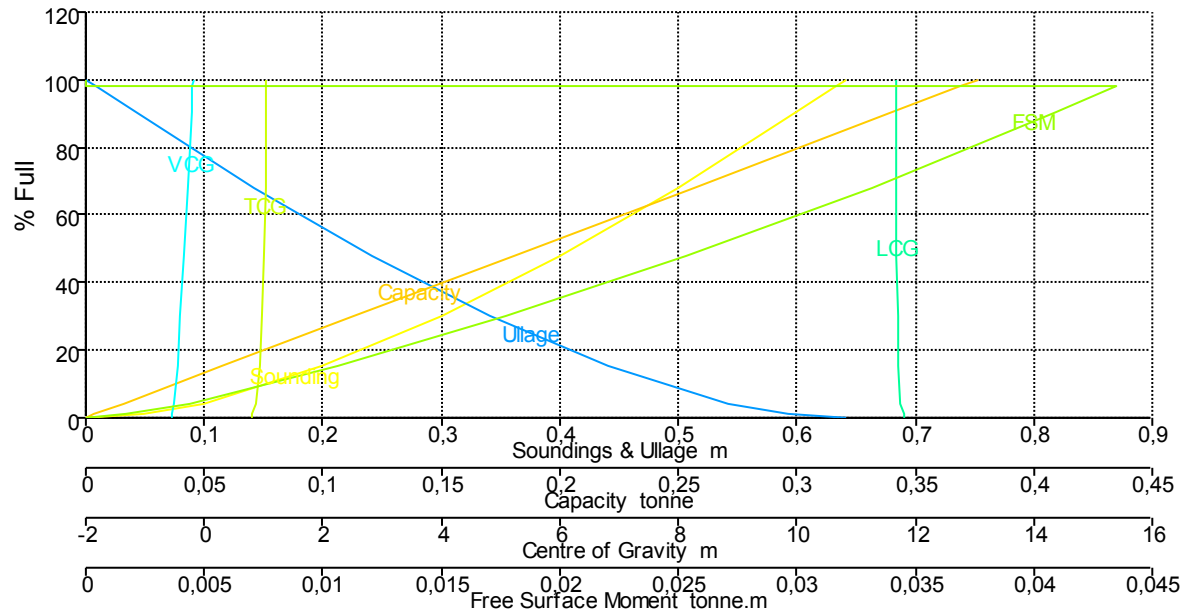
Fluid Type = Fresh Water Relative Density = 1
Permeability = 100 %
Trim = 0 m (+ve by stern)



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
0,641	0,000	100,0	0,377	0,377	11,683	-1,054	-0,193	0,000
0,633	0,008	98,0	0,369	0,369	11,683	-1,053	-0,198	0,000
0,633	0,009	97,9	0,369	0,369	11,683	-1,053	-0,198	0,044
0,600	0,041	90,3	0,340	0,340	11,684	-1,046	-0,218	0,041
0,500	0,141	68,1	0,257	0,257	11,688	-1,023	-0,277	0,033
0,400	0,241	47,9	0,181	0,181	11,693	-0,997	-0,336	0,025
0,300	0,341	30,1	0,113	0,113	11,701	-0,964	-0,397	0,018
0,200	0,441	15,2	0,057	0,057	11,715	-0,921	-0,457	0,011
0,100	0,541	4,3	0,016	0,016	11,750	-0,856	-0,520	0,004
0,048	0,593	1,0	0,004	0,004	11,820	-0,796	-0,553	0,002
0,000	0,641	0,0	0,000	0,000	11,820	-0,796	-0,553	0,000

Tank Calibrations - Aguas

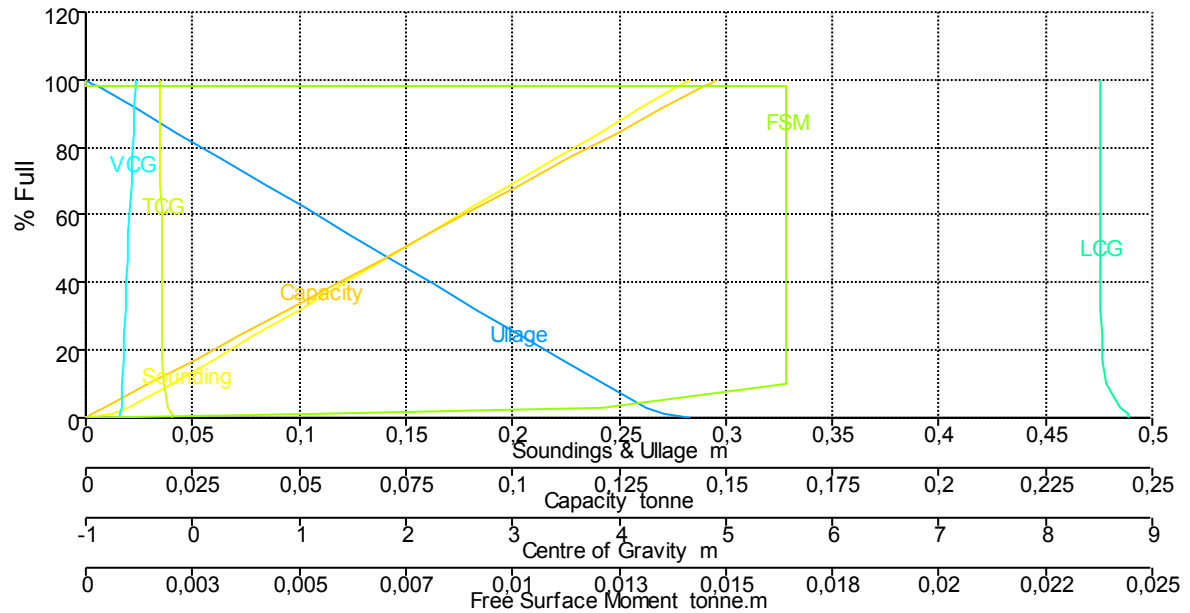
Fluid Type = Fresh Water Relative Density = 1
Permeability = 100 %
Trim = 0 m (+ve by stern)



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne. m
0,641	0,000	100,0	0,377	0,377	11,683	1,054	-0,193	0,000
0,633	0,008	98,0	0,369	0,369	11,683	1,053	-0,198	0,000
0,633	0,009	97,9	0,369	0,369	11,683	1,053	-0,198	0,044
0,600	0,041	90,3	0,340	0,340	11,684	1,046	-0,218	0,041
0,500	0,141	68,1	0,257	0,257	11,688	1,023	-0,277	0,033
0,400	0,241	47,9	0,181	0,181	11,693	0,997	-0,336	0,025
0,300	0,341	30,1	0,113	0,113	11,701	0,964	-0,397	0,018
0,200	0,441	15,2	0,057	0,057	11,715	0,921	-0,457	0,011
0,100	0,541	4,3	0,016	0,016	11,750	0,856	-0,520	0,004
0,048	0,593	1,0	0,004	0,004	11,820	0,796	-0,553	0,002
0,000	0,641	0,0	0,000	0,000	11,820	0,796	-0,553	0,000

Tank Calibrations - Aguas Gris br

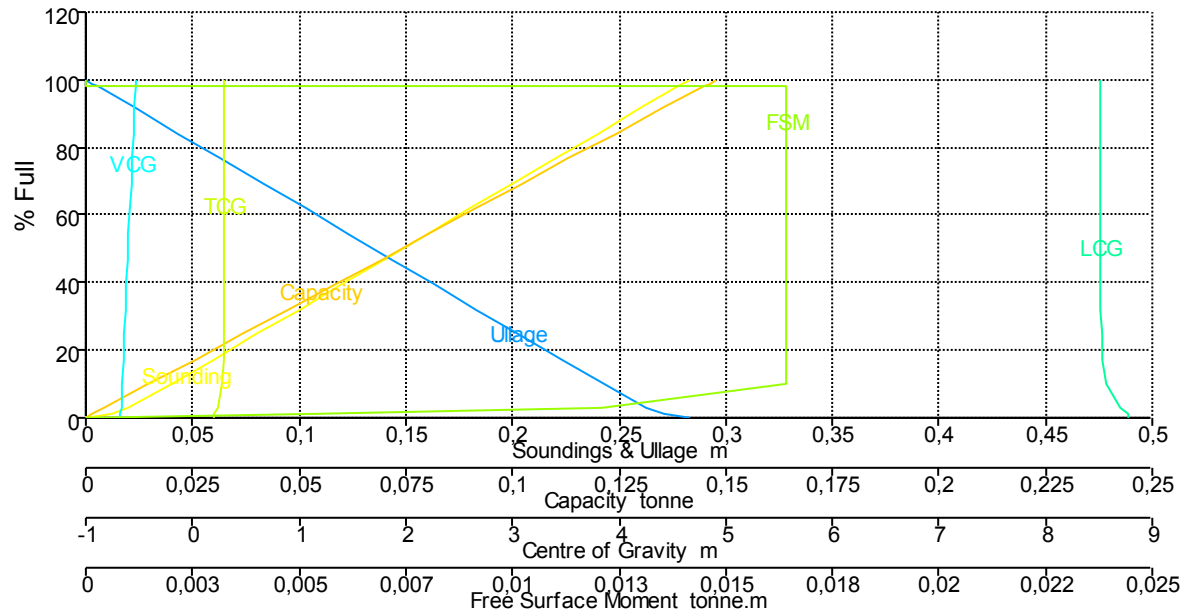
Fluid Type = Slops Relative Density = 0,913
Permeability = 100 %
Trim = 0 m (+ve by stern)



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
0,283	0,000	100,0	0,162	0,148	8,507	-0,298	-0,535	0,000
0,280	0,003	98,9	0,160	0,146	8,507	-0,298	-0,537	0,000
0,278	0,005	98,0	0,159	0,145	8,507	-0,298	-0,538	0,000
0,277	0,006	97,9	0,159	0,145	8,507	-0,298	-0,538	0,016
0,260	0,023	91,4	0,148	0,135	8,507	-0,297	-0,547	0,016
0,240	0,043	84,0	0,136	0,124	8,508	-0,297	-0,557	0,016
0,220	0,063	76,6	0,124	0,113	8,509	-0,297	-0,567	0,016
0,200	0,083	69,2	0,112	0,102	8,510	-0,297	-0,577	0,016
0,180	0,103	61,8	0,100	0,091	8,511	-0,296	-0,587	0,016
0,160	0,123	54,4	0,088	0,080	8,512	-0,296	-0,597	0,016
0,140	0,143	47,0	0,076	0,069	8,514	-0,295	-0,607	0,016
0,120	0,163	39,6	0,064	0,058	8,517	-0,294	-0,617	0,016
0,100	0,183	32,2	0,052	0,048	8,521	-0,293	-0,627	0,016
0,080	0,203	24,7	0,040	0,037	8,527	-0,290	-0,637	0,016
0,060	0,223	17,3	0,028	0,026	8,538	-0,286	-0,647	0,016
0,040	0,243	9,9	0,016	0,015	8,567	-0,276	-0,658	0,016
0,020	0,263	2,8	0,005	0,004	8,694	-0,235	-0,669	0,012
0,012	0,271	1,0	0,002	0,001	8,782	-0,193	-0,674	0,005
0,000	0,283	0,0	0,000	0,000	8,782	-0,193	-0,674	0,000

Tank Calibrations - Aguas Grises

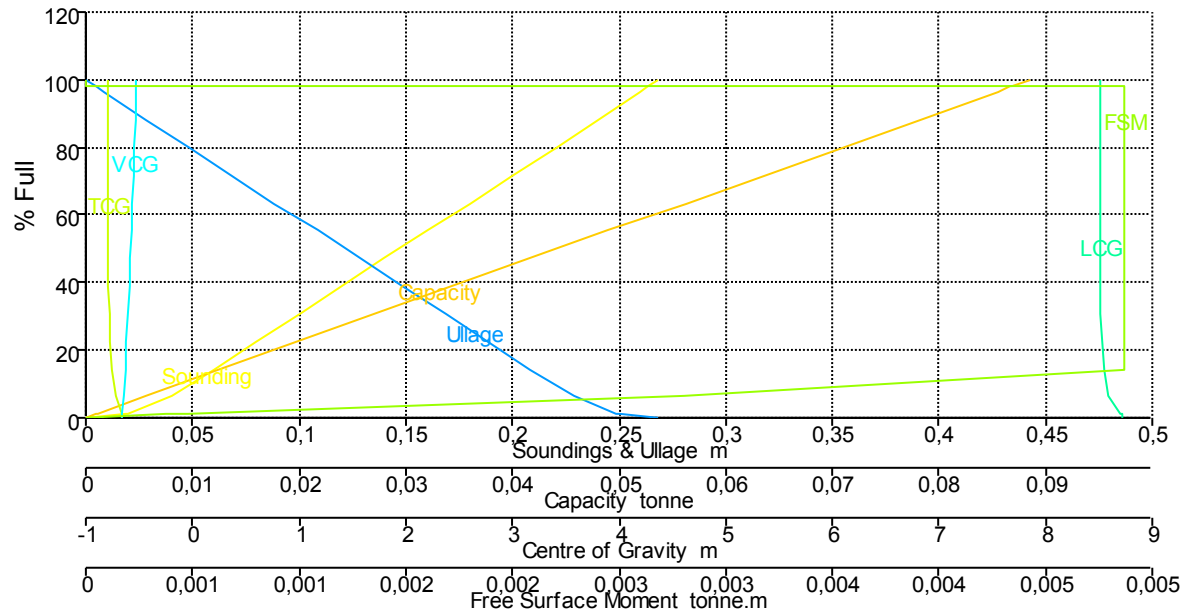
Fluid Type = Slops Relative Density = 0,913
Permeability = 100 %
Trim = 0 m (+ve by stern)



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
0,283	0,000	100,0	0,162	0,148	8,507	0,298	-0,535	0,000
0,280	0,003	98,9	0,160	0,146	8,507	0,298	-0,537	0,000
0,278	0,005	98,0	0,159	0,145	8,507	0,298	-0,538	0,000
0,277	0,006	97,9	0,159	0,145	8,507	0,298	-0,538	0,016
0,260	0,023	91,4	0,148	0,135	8,507	0,297	-0,547	0,016
0,240	0,043	84,0	0,136	0,124	8,508	0,297	-0,557	0,016
0,220	0,063	76,6	0,124	0,113	8,509	0,297	-0,567	0,016
0,200	0,083	69,2	0,112	0,102	8,510	0,297	-0,577	0,016
0,180	0,103	61,8	0,100	0,091	8,511	0,296	-0,587	0,016
0,160	0,123	54,4	0,088	0,080	8,512	0,296	-0,597	0,016
0,140	0,143	47,0	0,076	0,069	8,514	0,295	-0,607	0,016
0,120	0,163	39,6	0,064	0,058	8,517	0,294	-0,617	0,016
0,100	0,183	32,2	0,052	0,048	8,521	0,293	-0,627	0,016
0,080	0,203	24,7	0,040	0,037	8,527	0,290	-0,637	0,016
0,060	0,223	17,3	0,028	0,026	8,538	0,286	-0,647	0,016
0,040	0,243	9,9	0,016	0,015	8,567	0,276	-0,658	0,016
0,020	0,263	2,8	0,005	0,004	8,694	0,235	-0,669	0,012
0,012	0,271	1,0	0,002	0,001	8,782	0,193	-0,674	0,005
0,000	0,283	0,0	0,000	0,000	8,782	0,193	-0,674	0,000

Tank Calibrations - Aguas negras br

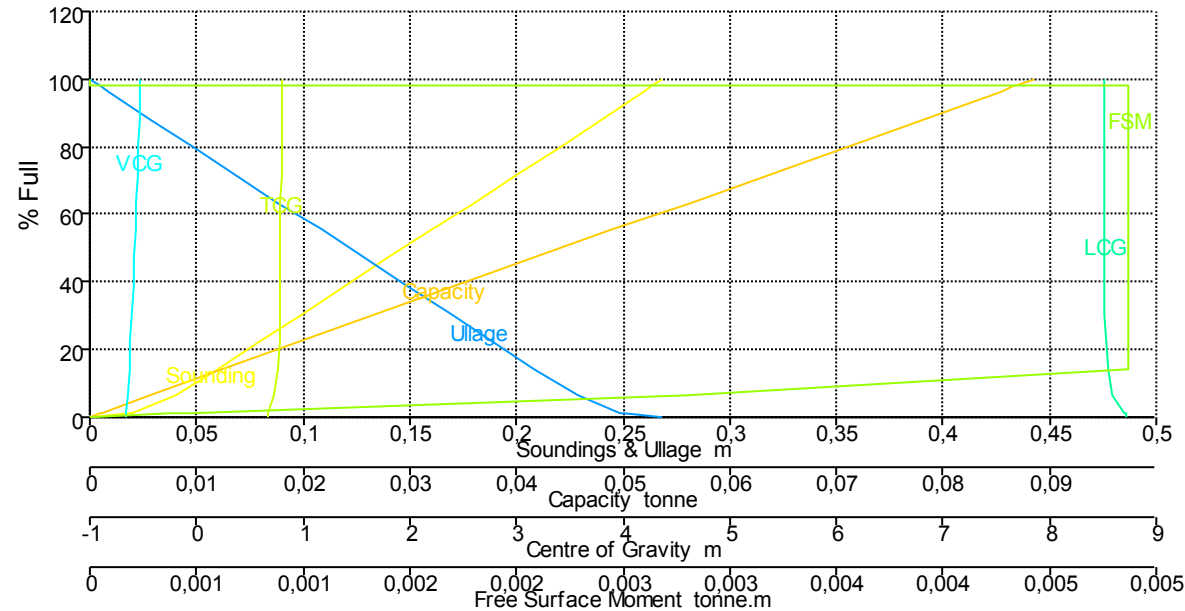
Fluid Type = Slops Relative Density = 0,913
Permeability = 100 %
Trim = 0 m (+ve by stern)



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
0,268	0,000	100,0	0,097	0,089	8,506	-0,794	-0,522	0,000
0,264	0,005	98,0	0,095	0,087	8,506	-0,794	-0,524	0,000
0,263	0,005	97,9	0,095	0,087	8,506	-0,794	-0,524	0,005
0,260	0,008	96,5	0,094	0,086	8,506	-0,794	-0,526	0,005
0,240	0,028	88,3	0,086	0,078	8,507	-0,793	-0,536	0,005
0,220	0,048	80,0	0,078	0,071	8,508	-0,793	-0,546	0,005
0,200	0,068	71,8	0,070	0,064	8,508	-0,792	-0,556	0,005
0,180	0,088	63,5	0,062	0,056	8,510	-0,791	-0,566	0,005
0,160	0,108	55,3	0,054	0,049	8,511	-0,789	-0,576	0,005
0,140	0,128	47,1	0,046	0,042	8,513	-0,788	-0,586	0,005
0,120	0,148	38,8	0,038	0,034	8,516	-0,785	-0,597	0,005
0,100	0,168	30,6	0,030	0,027	8,520	-0,781	-0,607	0,005
0,080	0,188	22,3	0,022	0,020	8,527	-0,774	-0,617	0,005
0,060	0,208	14,1	0,014	0,012	8,543	-0,759	-0,628	0,005
0,040	0,228	6,3	0,006	0,006	8,580	-0,720	-0,641	0,003
0,020	0,248	1,2	0,001	0,001	8,698	-0,668	-0,654	0,000
0,018	0,250	1,0	0,001	0,001	8,714	-0,664	-0,655	0,000
0,000	0,268	0,0	0,000	0,000	8,714	-0,664	-0,655	0,000

Tank Calibrations - Aguas negras es

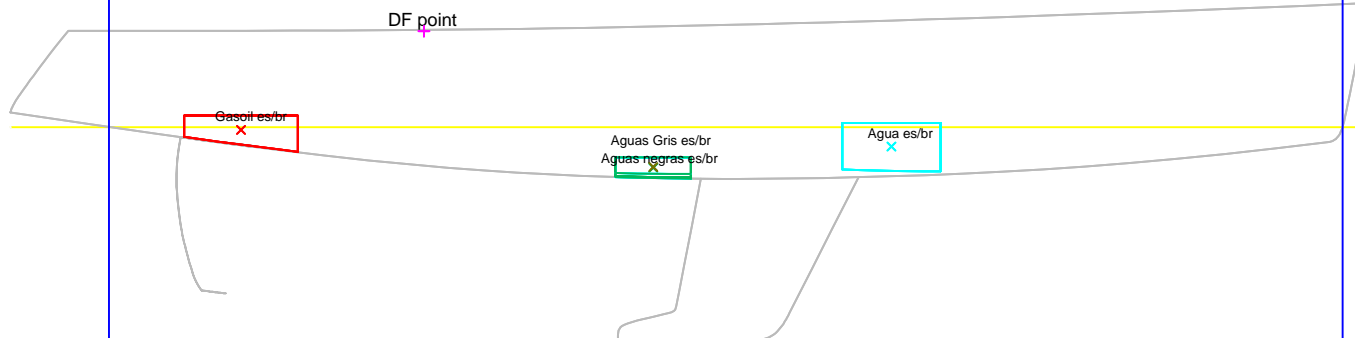
Fluid Type = Slops Relative Density = 0,913
Permeability = 100 %
Trim = 0 m (+ve by stern)



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m^3	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
0,268	0,000	100,0	0,097	0,089	8,506	0,794	-0,522	0,000
0,264	0,005	98,0	0,095	0,087	8,506	0,794	-0,524	0,000
0,263	0,005	97,9	0,095	0,087	8,506	0,794	-0,524	0,005
0,260	0,008	96,5	0,094	0,086	8,506	0,794	-0,526	0,005
0,240	0,028	88,3	0,086	0,078	8,507	0,793	-0,536	0,005
0,220	0,048	80,0	0,078	0,071	8,508	0,793	-0,546	0,005
0,200	0,068	71,8	0,070	0,064	8,508	0,792	-0,556	0,005
0,180	0,088	63,5	0,062	0,056	8,510	0,791	-0,566	0,005
0,160	0,108	55,3	0,054	0,049	8,511	0,789	-0,576	0,005
0,140	0,128	47,1	0,046	0,042	8,513	0,788	-0,586	0,005
0,120	0,148	38,8	0,038	0,034	8,516	0,785	-0,597	0,005
0,100	0,168	30,6	0,030	0,027	8,520	0,781	-0,607	0,005
0,080	0,188	22,3	0,022	0,020	8,527	0,774	-0,617	0,005
0,060	0,208	14,1	0,014	0,012	8,543	0,759	-0,628	0,005
0,040	0,228	6,3	0,006	0,006	8,580	0,720	-0,641	0,003
0,020	0,248	1,2	0,001	0,001	8,698	0,668	-0,654	0,000
0,018	0,250	1,0	0,001	0,001	8,714	0,664	-0,655	0,000
0,000	0,268	0,0	0,000	0,000	8,714	0,664	-0,655	0,000

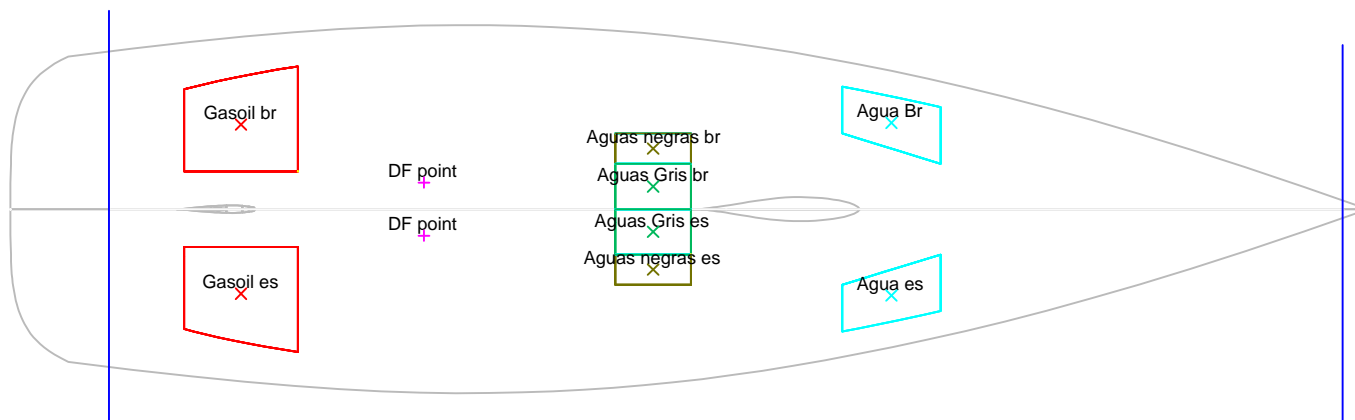
ANEXO V

En el presentamos los planos de disposición de Tanques, Zona estanca del barco y un plano de maniobra de cubierta

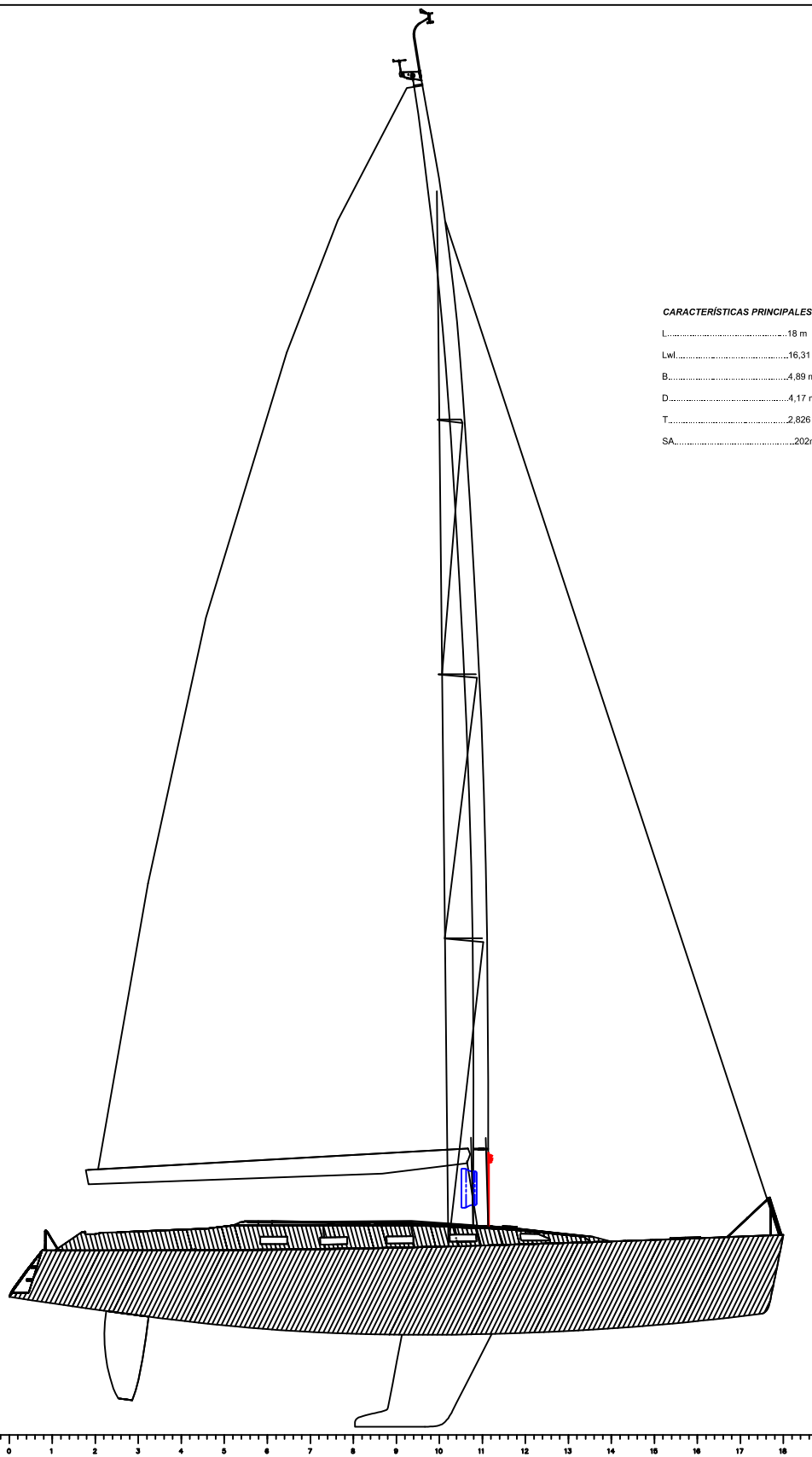


CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

L.....18 m
 Lwl.....16,31 m
 B.....4,89 m
 D.....4,17 m
 T.....2,826 m
 SA.....202m²



Escola Politécnica Superior UNIVERSIDADE DA CORUÑA		Proyecto N°: 14-106	
Proyecto: VELERO OCEÁNICO DE 60 PIÉS DE ESLORA			Fecha: SEP 2014
Título del Plano: Plano de Tanques		Plano N°: 01	ESCALA 1:100
Autor: PABLO ENRIQUE GONZÁLEZ SÁNCHEZ			Firma:



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

L.....18 m
 Lwl.....16,31 m
 B.....4,89 m
 D.....4,17 m
 T.....2,826 m
 SA.....202m²

Escola Politécnica Superior
 UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Proyecto N°: 14-106

Proyecto: VELERO OCEÁNICO DE 60 PIÉS DE ESLORA

Fecha: SEP 2014

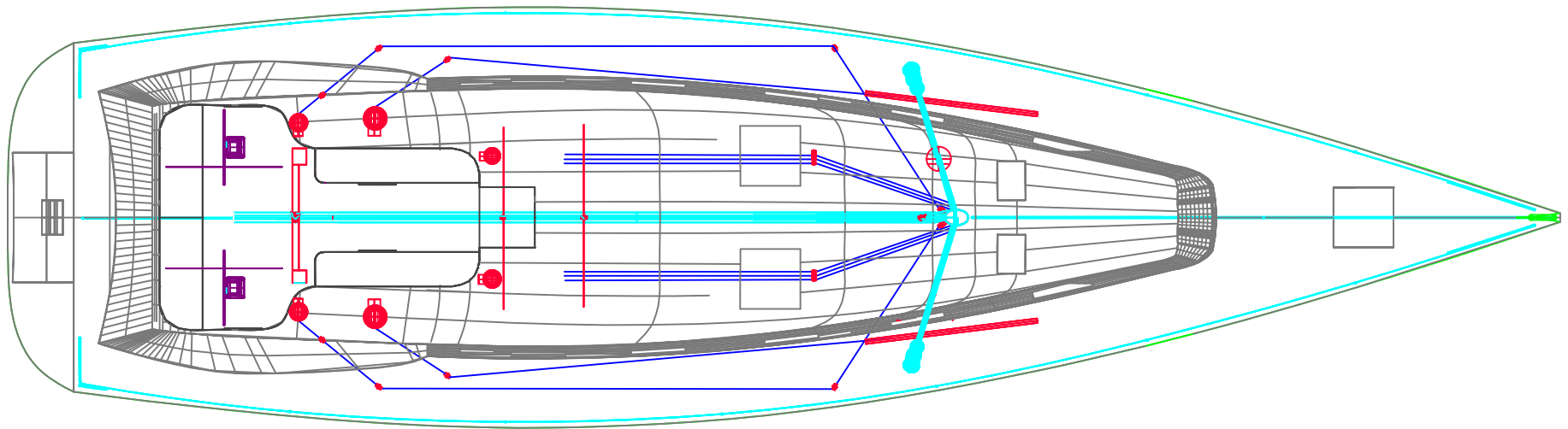
Título del Plano: Zona estanca

Plano N°: 01

ESCALA 1:150

Autor: PABLO ENRIQUE GONZÁLEZ SÁNCHEZ

Firma:



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

L.....18 m
 Lwl.....16,31 m
 B.....4,89 m
 D.....4,17 m
 T.....2,826 m
 SA.....202m₂

Escola Politécnica Superior UNIVERSIDADE DA CORUÑA		Proyecto N°: 14-106
Proyecto: VELERO OCEÁNICO DE 60 PIÉS DE ESLORA		Fecha: SEP 2014
Título del Plano: Maniobra de Cubierta	Plano N°: 01	ESCALA 1:75
Autor: PABLO ENRIQUE GONZÁLEZ SÁNCHEZ		Firma:

2014

Cuaderno 5

Estabilidad

VELERO TIPO OCEÁNICO 60 PIES DE ESLORA



GRADO EN ARQUITECTURA NAVAL

Autor: **PABLO ENRIQUE GONZÁLEZ SÁNCHEZ**

Tutor: **MARCOS MÍGUEZ GONZÁLEZ**



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

PROYECTO FIN DE GRADO EN ARQUITECTURA NAVAL

CURSO 2.012-2013

PROYECTO NÚMERO 14-106

TIPO DE BUQUE: Velero tipo oceánico de 60 pies de eslora

MATERIAL DEL CASCO: Materiales compuestos

CLASIFICACIÓN , COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: Bureau Veritas, Solas, Reglamentación ISO-UNE.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Las específicas para este buque

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA : 10 nudos al 90% MCR. 350 millas.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA : Las habituales en este tipo de buques.

PROPULSIÓN : Vela + 1 motor diesel.

TRIPULACIÓN Y PASAJE : 8 tripulantes/pasajeros

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES : Un mástil y demás elementos para la navegación en este tipo de buque

Ferrol, Febrero de 2.013

ALUMNO : D:/Dª Pablo Enrique González Sánchez

OBJETIVO:

En el presente cuaderno se realizarán los correspondientes cálculos de estabilidad para dos condiciones de carga (mínima operativa y desplazamiento en carga) y para el barco en rosca.

Se someterá a los criterios diferentes que propone la ISO 12217 para asegurar la seguridad de la embarcación, y se buscará cumplir el requisito de diseño:

- Criterio STIX para alcanzar la conformidad con la denominación A (oceánica).

Los datos de partida de la embarcación son:

Eslora Total.....	18,00m
Eslora Flotación.....	16,31m
Manga.....	4,89m
Puntal.....	4,17 (2,03 sin apéndices) m
Calado	2,826 (0,686 sin apéndices) m
Desplazamiento.....	19865 kg
Cb.....	0,416
Cp.....	0,545
Cm.....	0,801
Superficie Véllica.....	202m ²
Número de Tripulantes.....	8 (2 tripulantes y 6 pasajeros)
Categoría de Navegación.....	A (Oceánica)

1	ESTUDIO DE ESTABILIDAD	5
1.1	INTRODUCCIÓN	5
1.2	NORMATIVA ESPAÑOLA.....	6
1.3	ANÁLISIS ESTABILIDAD	7
1.3.1	Conceptos previos.....	7
1.4	ÍNDICE DE ESTABILIDAD, STIX	16
1.4.1	Factor de estabilidad dinámica, FDS.....	18
1.4.2	Factor de recuperación de inversión, FIR.....	18
1.4.3	Factor de recuperación de vuelco, FKR.....	18
1.4.4	Factor eslora-desplazamiento, FDL	19
1.4.5	Factor manga-desplazamiento, FBD.....	19
1.4.6	Factor del momento del viento, FWM.....	20
1.4.7	Factor de inundación, FDF.....	20
1.4.8	El parámetro de flotabilidad, δ	21
1.4.9	Algunas reflexiones sobre el STIX	21
2	CÁLCULOS EN HIDROMAX	24
2.1	SITUACIÓN DE BUQUE EN ROSCA	24
2.2	ESTUDIO DE CONDICIÓN MÍNIMA OPERATIVA (M_{MOC})	31
2.3	ESTUDIO DE CONDICIÓN DESPLAZAMIENTO EN CARGA (M_{LDC})	38
2.4	ÍNDICE DE ESTABILIDAD	44
3	BIBLIOGRAFÍA.....	45

1 Estudio de estabilidad

1.1 Introducción

Se define “estabilidad” como la aptitud que debe poseer un cuerpo para recobrar la posición de equilibrio cuando ha sido apartado de ésta por una causa fortuita.

Aunque existen muchos más factores que la estabilidad en la seguridad de un barco, para la mayoría de los responsables de esta seguridad, una estabilidad satisfactoria es uno de los elementos más importantes.

Entre los factores que se pueden considerar en una “estabilidad satisfactoria” están: integridad estanca, adecuada distribución de pesos, francobordo mínimo requerido, altura metacéntrica y estabilidad dinámicas adecuadas, formas hidrodinámicas del casco, habilidad para evacuar rápidamente el agua embarcada en cubierta y la no menos importante de la competencia profesional del capitán y la tripulación.

Un fallo en los cálculos de diseño puede tener consecuencias fatales para el barco a pesar de navegar en condiciones normales de mar y viento.



Figura 1 Hundimiento del TP 52 "CAM" por un compendio de fallos en el diseño y construcción

1.2 Normativa española

La Norma que se utiliza es la UNE-EN ISO 12217 para la Evaluación y clasificación de la estabilidad y flotabilidad

Objeto y campo de aplicación:

Esta parte de la norma ISO 12217 especifica los métodos de evaluación de la estabilidad y flotabilidad de las embarcaciones de estado intacto, es decir, sin averías. También se contemplan las características de flotación de las embarcaciones susceptibles de inundación.

La evaluación de las condiciones de estabilidad y flotabilidad utilizando esta parte de la norma permitirá designar a la embarcación una categoría de diseño (A, B, C o D), adecuada al diseño en su máxima carga.

Esta parte de la norma es aplicable a las embarcaciones propulsadas principalmente a vela (incluso si dispone de motor auxiliar), de una eslora comprendida entre 6 y 24 m, ambos inclusive. Sin embargo, también se puede aplicar a las embarcaciones de menos de 6 m. si se trata de multicascos habitables o si no alcanzan la categoría de diseño necesaria que se especifica en la norma ISO 12217-3 y disponen de cubiertas y aberturas de achique rápido de acuerdo con la norma ISO 11812.

Esta parte de la norma ISO 12217 excluye:

- Embarcaciones neumáticas y rígido-neumáticas hasta de 8m. incluidas en la norma ISO 6185
- Canoas, Kayaks u otras embarcaciones de manga inferior a 1,1 m.

1.3 Análisis estabilidad

1.3.1 Conceptos previos

El estudio de la estabilidad se llevará a cabo mediante el programa "Hydromax" usando las formas creadas con "Maxsurf", y se aplicará los requisitos de la normativa UNE EN-ISO 12217-2, que es la parte de la normativa ISO 12217 que permite la determinación de las condiciones límite ambientales para las que se ha diseñado una embarcación determinada.

Para la correcta comprensión de parámetros que se calcularán posteriormente, se definen una serie de conceptos que se detallan a continuación.

Categoría de diseño: descripción de las condiciones de mar y viento para las que una embarcación se ha evaluado idóneas para cumplir con esta parte de la norma ISO 12217.

Nicho: Es cualquier volumen abierto al exterior que pueda retener agua.

Nicho de achique rápido: Son los nichos que cumplen con todos los requisitos de la norma ISO 11812 para "cabinas y nichos de achique rápido".

Nicho estanco: Son los nichos que cumplen con los requisitos de la norma ISO 11812 para "cabinas y nichos estancos".

Abertura inundable: Es cualquier abertura, incluyendo el borde de un nicho, que pueda admitir agua en su interior o en la sentina de una embarcación, o un nicho, a parte de la exclusiones propias de la norma ISO 12217-2 apartado 6.2.1.1.

Embarcación con cubierta completa: Es toda embarcación en la que la proyección horizontal del área total de diseño comprende cualquier combinación de

-Cubiertas estancas y superestructuras; y/o

- Nichos de achique rápido que cumplan con la norma ISO 11812; y/o

-Nichos estancos que cumplan con la norma ISO 11812 con un volumen conjunto inferior a $L_H \cdot B_H \cdot F_M / 40$

Todos los dispositivos cerrados son estancos al agua de acuerdo con la norma ISO 12216.

La altura de inundación, h_D , es la menor altura a partir de la línea de flotación hasta cualquier abertura inundable, a parte de las que se excluyen en el apartado 6.2.1.1. de la norma UNE-EN ISO 12217-2, encontrándose la embarcación adrizada en aguas tranquilas cargada a pleno desplazamiento y con el asiento de diseño.

El ángulo de inundación, ϕ_D , es el ángulo de escora con el que las aberturas inundables descritas en el apartado 6.2.1.1. de la norma UNE-EN ISO 12217-2 comienzan a sumergirse, encontrándose la embarcación en aguas tranquilas y en una adecuada condición de carga con el asiento de diseño.

El ángulo de estabilidad nula, ϕ_V , es el ángulo de escora lo más próximo a la posición de adrizado (pero sin alcanzarla) en una adecuada condición de carga, para el que el momento del par de adrizamiento de la estabilidad transversal es cero; determinado presuponiendo que la carga no se compensa, y que todas las posibles aberturas inundables son estancas al agua.

5.2.2 Consideraciones de carga a estudiar

Las condiciones de carga a estudiar para este tipo de barcos, según la norma ISO 12217-2, son las siguientes:

Condición mínima operativa (m_{moc}): embarcación en la condición de rosca (m_{LCC}) más la carga en condición mínima operativa (m_L)

La carga en condición mínima operativa (m_L) la forman los siguientes pesos:

a) el peso que representa a la tripulación, situado en la línea de crujía, y próximo a la posición del puesto de control, de:

- 225 Kg cuando $16 \text{ m} < L_H < 24 \text{ m}$;

b) el equipo esencial de seguridad con un peso no menor de $(L_H - 2.5)^2 \text{ Kg}$. En nuestro caso 240,2 kg

c) provisiones no consumibles y equipo normalmente llevado a bordo de la embarcación.

d) agua de lastre en tanques situados simétricamente respecto a la línea de crujía y para los que figure en el manual del propietario que se llenan siempre que la embarcación esté a flote, pero no los líquidos contenidos en los tanques de lastre previstos por el constructor para usarse como lastres asimétricos variables durante la navegación; en este caso no se ha definido agua de lastre.

e) una balsa de salvamento (cuando corresponda) situada en la estiba provista;

Condiciones de embarcación en rosca (m_{LCC}): embarcación equipada con el peso en rosca de acuerdo con la norma ISO 8666, incluyendo las siguientes observaciones cuando corresponda:

- Cuando se prevea la propulsión mediante un (unos) motor (es) fueraborda de más de 3 kW, se debe montar en la posición (es) de trabajo el (los) mayor (es) motor (es) por el fabricante de la embarcación.
- Cuando existan baterías se deben montar en la posición propuesta por el constructor.
- Los mástiles, botavaras y otros palos a bordo y aparejos en su posición de estiba, listos para su uso, pero no montados, todos los aparejos permanentes y en funcionamiento deben estar en su sitio.
- Cualquier vela suministrada por el constructor y aparejos listos para su uso, pero no montados

Condición de desplazamiento en carga (m_{LDC}): Embarcación en la condición de rosca (m_{LCC}) añadiendo la carga máxima total (m_{MTL}) hasta alcanzar el asiento de diseño.

Carga máxima total (m_{MTL}): Carga máxima a la que la embarcación se diseña para llevar además de la condición de embarcación en rosca, influyendo el máximo peso recomendado por el fabricante tal y como se define en la norma ISO 14946, y comprendiendo todos los líquidos (por ejemplo, combustibles, aceites, agua dulce, agua de lastre o tanques para cebos y pozos de peces vivos) hasta la máxima capacidad de los tanques fijos o portátiles. Dicha carga es de 2368 kg

La altura sobre el nivel del suelo del centro de gravedad de las personas que se encuentran de pie está a altura de su centro de gravedad estará a 0.30 metros sobre el nivel del suelo.

En Resumen, la norma estudia dos condiciones de carga en la que se puede encontrar el buque

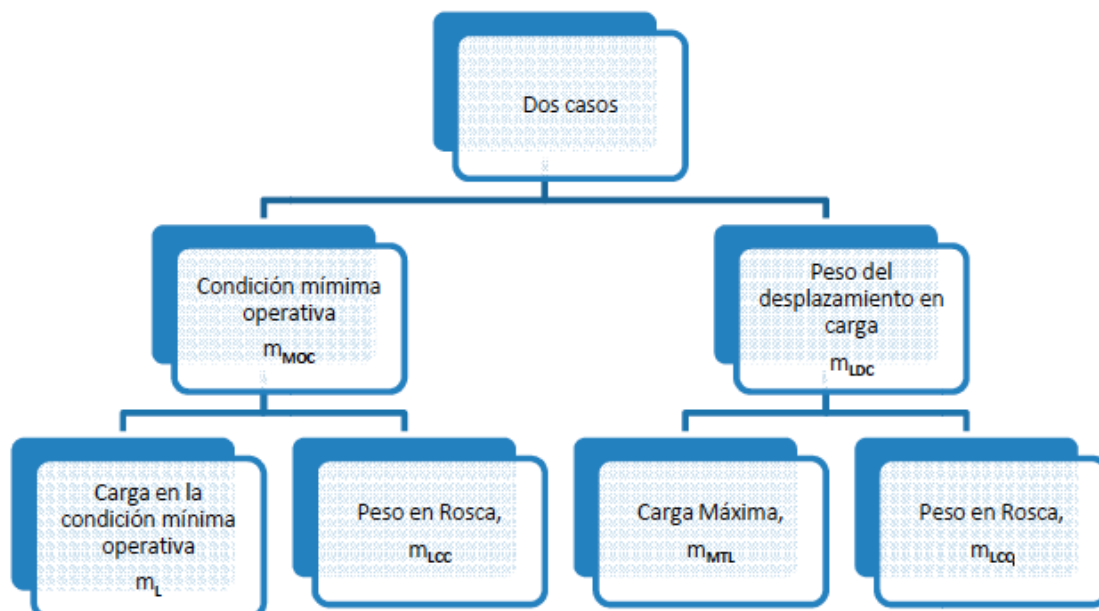


Figura 2. Esquema condiciones de carga

	Componente	Weight	LCG	TCG	VCG	W * LCG	W * TCG	W * VCG
m_{LCC}	Rosca	17596,05	9,49	0,00	0,70	166994,06	50,62	12384,70
	Carga	2088,00	7,45	0,00	0,50	15564,65	0,00	1035,65
m_{MTL}	Pertrechos	280,00	2,70	0,00	0,25	756,00	0,00	70,00
	total	2368,00	6,89	0,00	0,47	16320,65	0,00	1105,65
m_L	tripulacion	225,00	5,15	0,00	0,25	1158,75	0,00	56,25
	equipo esencial	240,00	5,15	0,00	0,86	1236,00	0,00	206,40
	total	465,00	5,15	0,00	0,56	2394,75	0,00	262,65
m_{LDC}	m _{LCC}	17596,05	9,49	0,00	0,70	166994,06	50,62	12384,70
	m _{MTL}	2368,00	6,89	0,00	0,47	16320,65	0,00	1105,65
	total	19964,05	9,18	0,00	0,68	183314,71	50,62	13490,35
m_{MOC}	m _{LCC}	17596,05	9,49	0,00	0,70	166994,06	50,62	12384,70
	m _L	465,00	5,15	0,00	0,56	2394,75	0,00	262,65
	total	18061,05	9,38	0,00	0,70	169388,81	50,62	12647,35

5.2.3- Análisis ISO 12215

Las embarcaciones propulsadas a vela de tipo monocasco deben satisfacer todos los requisitos de alguna de las siete opciones las características de flotación y cubiertas, y según que la embarcación se equipe o no con los nichos apropiados.

La categoría de diseño que finalmente se da es aquella para la cual la embarcación satisface todos los requisitos relevantes de una de esas opciones.

En las embarcaciones en las que se va a otorgar la categoría de diseño A ó B solo se deben permitir aberturas inundables que no sean reglamentarias o de cerrado si son esenciales para la ventilación o los requisitos de la combustión del motor.

Categoría de diseño	A	B	C	D
Altura de ola hasta	aproximadamente 7 m significativa	4 m significativa	2 m significativa	0,5 m máximo
Fuerza Beaufort característica del viento	hasta 10	hasta 8	hasta 6	hasta 4
Velocidad del viento para el cálculo (m/s)	28	21	17	13

Figura 3 Categorías de diseño

La altura significativa de las olas es la altura media de la mayor de un tercio de las olas, que aproximadamente corresponde a la altura de ola estimada por un observador experimentado. Algunas olas alcanzan el doble de esta altura.

En la siguiente tabla se muestra los requisitos que deben aplicar las embarcaciones a vela tipo monocasco según la normativa UNE-EN ISO 12217-2.

Opción	1	2	3	4	5	6	7
Categorías posibles	A y B	C y D	C y D	C y D	C y D	C y D	C y D
Cubiertas o protecciones	Cubierta completa	Cualquier tipo	Cualquier tipo	Cualquier tipo	Cualquier tipo	Cualquier tipo	Cualquier tipo
Aberturas de inundación	6.2.1	6.2.1	6.2.1	6.2.1	6.2.1	6.2.1	
Ensayo de la altura de inundación	6.2.2	6.2.2	6.2.2		6.2.2		
Ángulo de inundación	6.2.3	6.2.3					
Ángulo de estabilidad nula	6.3	6.3					
Índice de estabilidad	6.4	6.4					
Ensayo de hundimiento-recuperación			6.5	6.5			
Ensayo de resistencia al viento					6.6	6.6	
Requisitos de flotación				6.7		6.7	
Ensayo de recuperación después del vuelco							6.8

Figura 4. Requisitos de estabilidad

Para las embarcaciones que utilicen las opciones 1 ó 2 se deben satisfacer los requisitos de las condiciones mínimas de operación a menos que se indique específicamente otra cosa. Si la relación m_{LDC}/m_{MOC} es mayor que 1,15 entonces se deben satisfacer los requisitos tanto en la condición de desplazamiento en carga como en la mínima operacional. A continuación se procede a calcular la relación m_{LDC}/m_{MOC} para saber en qué condiciones se debe hacer el estudio de estabilidad:

$$m_{LDC}/m_{MOC} = 1,11$$

Una vez calcula la relación m_{LDC}/m_{MOC} se determina que aunque no superamos el valor límite, las condiciones que se estudiarán serán las de mínima carga operativa y la condición de desplazamiento en carga, siendo el estado del barco, para el estudio de estabilidad, en estado de intacto.

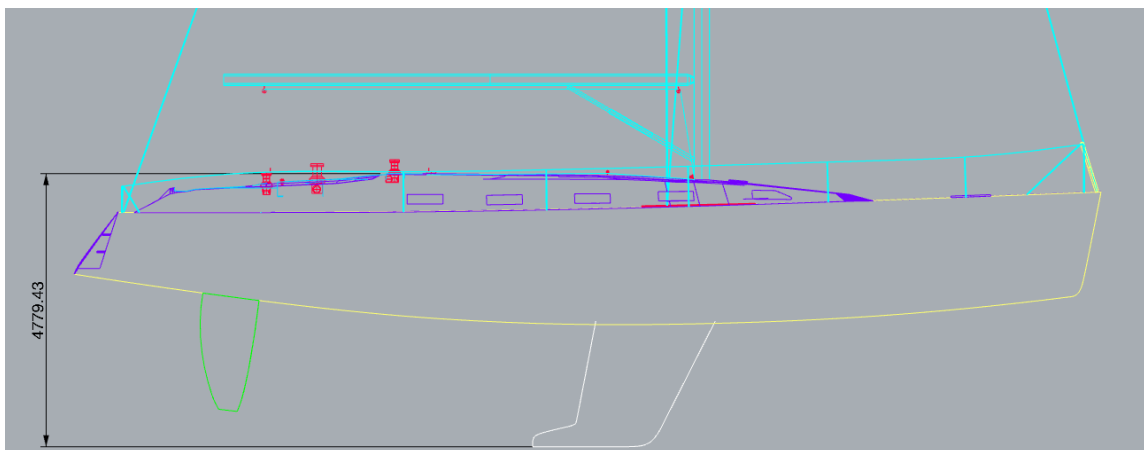
Siguiendo la tabla anterior, columna 1, se procede a realizar los cálculos, se muestran los requisitos que se deben aplicar a realizar los cálculos de la embarcación correspondientes a dicha columna:

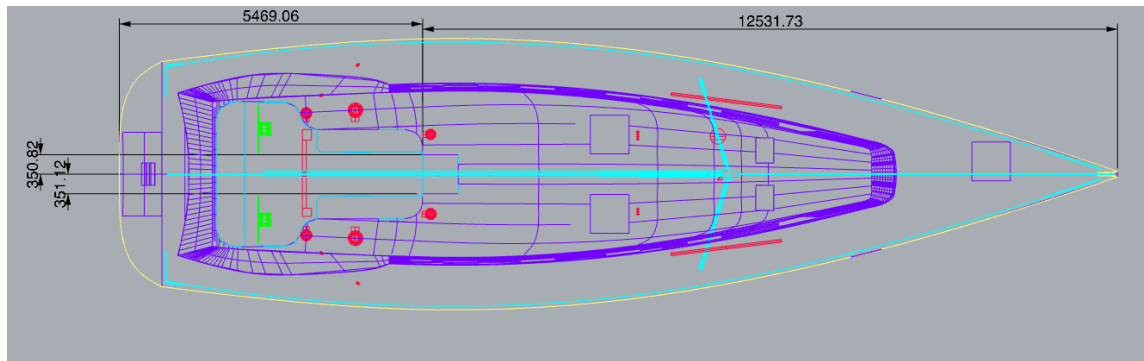
A. En el caso que nos ocupa se considera la embarcación con cubierta completa.

B. Determinación de los puntos de inundación progresiva, PIP: Los PIP son los puntos en los cuales existen aberturas del casco, superestructura o cubierta, que no se pueden hacer estanques y que por tanto si se sumergen, dan lugar a una entrada progresiva de agua.

Los únicos puntos que pueden dar lugar a una inundación progresiva en esta embarcación, son el acceso por popa al interior del barco, en el cual se tienen los puntos del suelo y parte superior. Todas las escotillas sobre la cubierta estarán cerradas de forma estanca durante la navegación.

Por todo ello, los puntos que se van a tener en cuenta para la determinación del ángulo en que se produce la inundación progresiva, serán los que aparecen en las siguientes figuras:





PIP	LCG(mm)	VCG(mm)	TCG(mm)
Escotilla superior er	5469	4779	351
Escotilla superior br	5469	4779	-351

Figura 5 Esquema y tabla de los PIP

C. Ensayo de altura de inundación: Este ensayo sirve para demostrar que la embarcación dispone de margen suficiente de franco bordo en la condición de carga de desplazamiento antes de que se embarque agua abordo.

Según la figura 2 del punto 6.2.2.2 de la normativa (figura), se puede encontrar la altura mínima de inundación entrando en dicha tabla con la eslora de casco, L_H , de la embarcación sometida a estudio. Para $L_H = 18$, se obtiene un valor de altura mínima de 1,05 m.

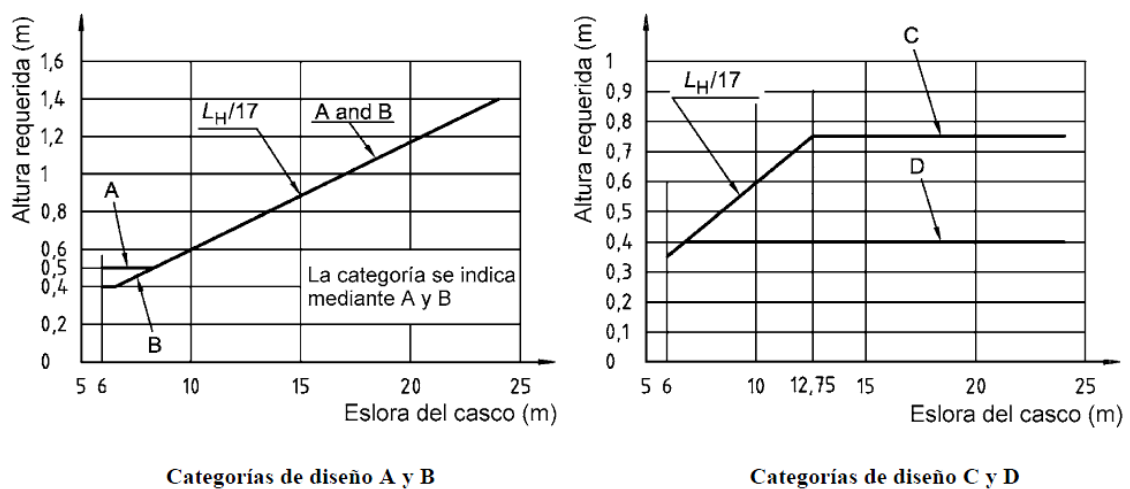


Figura 6 Tabla de altura mínima de inundación

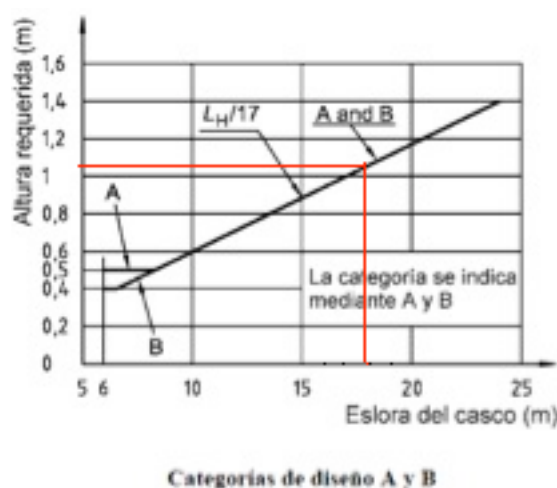


Figura 7 .Cálculo altura mínima de inundación para nuestra eslora

D. Ángulo de inundación, ϕ_D : Este requisito sirve para comprobar que existe un margen suficiente del ángulo de escora antes de que pueda entrar en la embarcación una cantidad significativa de agua.

Según la tabla 3 del punto 6.2.3 de la normativa (figura 8), se puede encontrar el ángulo de inundación mínimo para cualquier abertura inundable dependiendo de la categoría de diseño. Para el caso que nos ocupa, como la categoría de diseño de la embarcación es la tipo A, el ángulo mínimo de inundación es de 40° .

Categoría de diseño	A y B	C	D
Ángulo requerido de inundación $\phi_{D(R)}$	40°	35°	30°

Figura 8 Tabla de ángulo de inundación mínimo

E. Ángulo de estabilidad nula y peso mínimo, ϕ_V : Estos requisitos pretenden asegurar en condiciones severas una absoluta capacidad mínima de supervivencia. Las embarcaciones que vayan a recibir la categoría de diseño A o B deben cumplir con los requisitos de la tabla 4 del apartado 6.3.1 de la normativa aplicable (figura 9)

En el caso que nos ocupa, la embarcación tiene un $\phi_{V(R)}=100^\circ$ para la condición mínima operativa 21675,35 Kg.

y un $\phi_{V(R)}=100^\circ$ para un desplazamiento en máxima carga de 23578,35 Kg.

Existen unos requisitos alternativos para las categorías de diseño A o B como alternativa al apartado 6.3.1 de la normativa en el cual, el primero de ellos dice que el ángulo de estabilidad nula será mayor o igual que 90° para la categoría de diseño A ó mayor que 75° para la categoría B.

Categoría de diseño	Ángulo requerido de estabilidad nula ($\phi_{V(R)}$)
A	$m > 3\,000\text{ kg}$, $\phi_{V(R)} = (130 - 0,002\,m)$ pero siempre $\geq 100^\circ$
B	$m > 1\,500\text{ kg}$, $\phi_{V(R)} = (130 - 0,005\,m)$ pero siempre $\geq 95^\circ$
C	$\phi_{V(R)} = 90^\circ$
D	$\phi_{V(R)} = 75^\circ$

Figura 9 Ángulo requerido de estabilidad nula de la ISO

1.4 Índice de estabilidad, STIX

El concepto subyacente del STIX (STability IndeX, STIX) es la definición de un índice o numeral, que se obtiene de las medidas principales de cada embarcación y su curva de brazos de adrizamiento GZ. Diferentes características del diseño que son importantes para las cualidades marineras de una embarcación y su seguridad, se identifican y expresan en forma de una serie de factores que se multiplican para obtener el numeral STIX. Estos factores varían alrededor de la unidad, que denota un valor "normal" para la embarcación en cuestión. Valores inferiores a 1 indican características peores y mejores los superiores. El principio básico del STIX es que la seguridad de una embarcación depende de muchas características, que contribuyen de forma diferente e incluso veces trabajan en direcciones opuestas. Cada uno de los factores se calcula con unas fórmulas en las que intervienen datos importantes de la estabilidad de la embarcación, y tienen unos límites inferior y superior para cada uno de ellos.

Resumiendo, el índice de estabilidad es un método que permite obtener una evaluación conjunta de las propiedades de estabilidad de las embarcaciones a vela monocascos. El índice consiste en un factor de eslora que se puede modificar por siete factores que se refieren a diferentes aspectos de las propiedades de estabilidad y flotabilidad. Cada factor individual se debe calcular como se indica en la normativa, utilizando los valores para cada parámetro relativos a la condición de carga apropiada,

y el valor de STIX y la categoría de diseño asociada se debe determinar al finalizar el cálculo.

Cada factor modificador se puede obtener por uno de estos tres caminos:

- El valor mínimo permitido, sin hacer más cálculos;
- Utilizando métodos aproximados;
- Mediante cálculos rigurosos.

Se deberá hacer notar que el valor de cada factor está sujeto a límites tanto superiores como inferiores. Todas las propiedades de los brazos del par de adrizamiento y de inundación se determinan para la embarcación en una adecuada condición de carga, corregidas en lo que sea necesario para las embarcaciones provistas de lastres asimétricos. Se obtiene la categoría más ventajosa si se calculan rigurosamente estas propiedades. El ángulo de inundación se puede obtener bien siguiendo el anexo normativo B (que proporciona un método aproximado de cálculo), o bien se puede adoptar el límite inferior para un factor dado de STIX. Se permite cualquier combinación de cálculos rigurosos y aproximados, o bien utilizar los límites inferiores.

La expresión que se utilizará para el cálculo de este factor, en embarcaciones con $LBS > 10$ es la siguiente, según la norma:

$$STIX = (8 + 2,2 \cdot LBS)(FDS \cdot FIR \cdot FKR \cdot FDL \cdot FBD \cdot FWM \cdot FDF)^{0,5} + \delta$$

siendo LBS el factor de tamaño base, y que se calcula mediante la siguiente expresión:

$$LBS = \frac{(2L_{WL} + L_{OA})}{3}$$

Categoría de diseño	A	B	C	D
STIX debe ser mayor que $STIX_{(R)}$ =	32	23	14	5

Figura 10 STIX requerido para cada categoría de diseño

El índice consiste en un factor de eslora que se puede modificar por siete factores que se refieren a diferentes aspectos de las propiedades de estabilidad y flotabilidad.:

1.4.1 Factor de estabilidad dinámica, FDS

Este factor representa la energía intrínseca de adrizamiento a superar antes de que ocurra un incidente de estabilidad.

Es decir, representa la energía adrizante capaz de devolver al barco a su posición natural tras un incidente, pudiéndose calcular por medio de la siguiente expresión:

$$FDS = \frac{A_{GZ}}{15,81\sqrt{L_{OA}}}$$

donde A_{GZ} es el área de la curva del momento adrizante.

FDS nunca debe ser menor que 0.5 ó mayor que 1.5.

1.4.2 Factor de recuperación de inversión, FIR

Este factor representa la capacidad de recuperar la posición adrizada sin ayuda externa después de una inversión. Para embarcaciones con desplazamiento mínimo menor de 40000 kg, se hallará, mediante la siguiente expresión:

$$FIR = \frac{\phi_V}{\left(125 - \frac{m_{MSC}}{1600}\right)}$$

FIR nunca debe ser menor que 0.4 ó mayor que 1.5.

1.4.3 Factor de recuperación de vuelco, FKR

Representa la capacidad de la embarcación de sacar las velas del agua después de una inversión total. Previamente se tendrá que calcular la relación entre momento adrizante y escorante.

$$F_R = \frac{GZ_{90}m_{MSC}}{2A_S h_{CE}}$$

siendo:

GZ_{90} : momento adrizante a 90° en la condición de desplazamiento mínimo.

A_S : área vélica.

h_{CE} : altura del centro vélico sobre la línea de flotación en la condición de desplazamiento mínimo.

Una vez hallado este factor se puede calcular el factor FKR como se describe a continuación:

$$FKR = 0,875 + 0,0833 F_R \quad F_R > 1,5$$

$$FKR = 0,5 + 0,333 F_R \quad F_R < 1,5$$

$$FKR = 0,5 \quad \phi_V < 90$$

FKR nunca debe ser menor que 0.5 ó mayor que 1.5.

1.4.4 Factor eslora-desplazamiento, FDL

Este factor tendrá en cuenta el efecto favorable de altos desplazamientos, dados para una escora fija, que incrementará la resistencia al vuelco.

$$FDL = \left(0,6 + \left(\frac{15m_{MSC}F_L}{LBS^3(333 - 8LBS)} \right) \right)^{0,5}$$

debiendo estar comprendido entre 0,75 y 1,25 y siendo:

$$F_L = \left(\frac{LBS}{11} \right)^{0,2}$$

1.4.5 Factor manga-desplazamiento, FBD

Este factor tiene en cuenta el incremento de vulnerabilidad al hundimiento con mares de costado en las embarcaciones con una apreciable obra muerta y el incremento de la manga en relación con el desplazamiento.

Previamente se tendrá que hallar el factor F_B , dependiente de la manga máxima (B_H) y el desplazamiento mínimo de la embarcación, como se muestra a continuación:

$$F_B = \frac{3,3B_H}{(0,03m_{MSC})^{0,333}}$$

Dependiendo de este valor, la expresión para obtener el factor manga-desplazamiento será:

$$FBD = \left(\frac{13,31B_{WL}}{B F_B^3} \right)^{0,5} \quad F_B > 2,20$$

$$FBD = 1,118 \left(\frac{B_{WL}}{B} \right)^{0,5} \quad 1,45 < F_B < 2,20$$

$$FBD = \left(\frac{B_{WL} F_B^2}{1,682B} \right)^{0,5} \quad F_B < 1,45$$

FBD nunca debe ser menor que 0.75 ó mayor que 1.25.

1.4.6 Factor del momento del viento, FWM

Este factor representa el riesgo de inundación debido a una racha de viento fuerte que escoré una embarcación. Al ser ángulo de inundación menor de 90 grados FWM se calculará mediante la siguiente expresión:

$$FWM = \frac{v_{AW}}{17}$$

siendo v_{AW} la velocidad aparente del viento en m/s requerido para hacer escorar el barco hasta ϕ_D , que se calcula según la siguiente expresión:

$$v_{AW} = \left(\frac{13m_{MSC} GZ_D}{A_S \left((h_{CE} + h_{LP}) |\cos \phi_D|^{1,3} \right)} \right)^{0,5}$$

donde todos los parámetros han sido definidos salvo h_{LP} , que es la distancia desde la línea de flotación sobre el centro del área proyectada de los elementos sumergidos.

Si el ángulo de inundación fuese mayor de 90°, directamente se tomaría como valor de FWM la unidad, que es el máximo del intervalo permitido

FWM nunca debe ser menor que 0.5 ó mayor que 1.

1.4.7 Factor de inundación, FDF

Representa el riesgo de inundación en caso de inversión del casco, y se calcula según la siguiente expresión:

$$FDF = \frac{\phi_D}{90}$$

FDF nunca debe ser menor que 0.5 ó mayor que 1.25.

1.4.8 El parámetro de flotabilidad, δ

Este parámetro es un sumando. Tiene un valor fijo de 0 . de 5. Este .último valor se aplica a aquellas embarcaciones que son capaces de permanecer a flote en inundación, bien sea porque tienen cámaras de flotabilidad o porque tienen subdivisiones a base de mamparos estancos y además conservan un brazo adrizante positivo a 90. en estas condiciones. El STIX da así a la flotabilidad en caso de inundación un valor extraordinario. Pensemos en que podríamos alcanzar la categoría A (STIX 32) con una embarcación que tuviese un STIX de tan solo 27, que está. en la zona media del abanico de la categoría B, simplemente dotándola de medios que hagan que se cumplan las condiciones anteriores, por ejemplo espumando convenientemente los cofres bajo los asientos y literas interiores (Si en esta condición cumpliese lo del brazo a 90., claro está.). En todos los demás casos en que no se cumplan estas dos condiciones, el valor de δ es 0.

1.4.9 Algunas reflexiones sobre el STIX

Hemos visto como las características de estabilidad hasta los 90. son muy valoradas en el STIX y muy particularmente la alta incidencia del ángulo de inundación. Por el contrario, el ángulo de anulación de la estabilidad, AVS, no se tiene en cuenta tantas veces o con la importancia con que tal vez se debería y, además, otros datos importantes ni siquiera se tienen en cuenta.

En opinión de Rolf Eliasson, el método STIX da una importancia demasiado relevante a la estabilidad debida a las formas y al tamaño (tamaño grande y altos valores de GZ a 90.), en contraposición a unas buenas características de la curva GZ hasta el ángulo AVS, características que son independientes del tamaño. El STIX no es todavía un sistema perfecto y adolece de no tener en cuenta varios aspectos también importantes para la seguridad. Por ejemplo, podrían introducirse otros factores adicionales, con su valor también oscilando alrededor de 1, que tuviesen en cuenta otros conceptos tales

como la pérdida de estabilidad debida a la velocidad (peligro de partir de orzada, o 'broaching'), el momento de inercia transversal (que tiene notable influencia en el periodo de balance), la amortiguación del balance debida a las forma de los apéndices y sus efectos hidrodinámicos, o el cociente entre las áreas negativa y positiva de la curva de GZ (es muy recomendable que este cociente sea inferior a 0.2 para embarcaciones de la categoría A, por ejemplo). Sin embargo es posiblemente el intento más completo y exhaustivo hasta el momento de reflejar las condiciones marineras de un velero en función de su estabilidad y flotabilidad, mediante un único índice. Es una mejora sustancial sobre sistemas similares anteriores

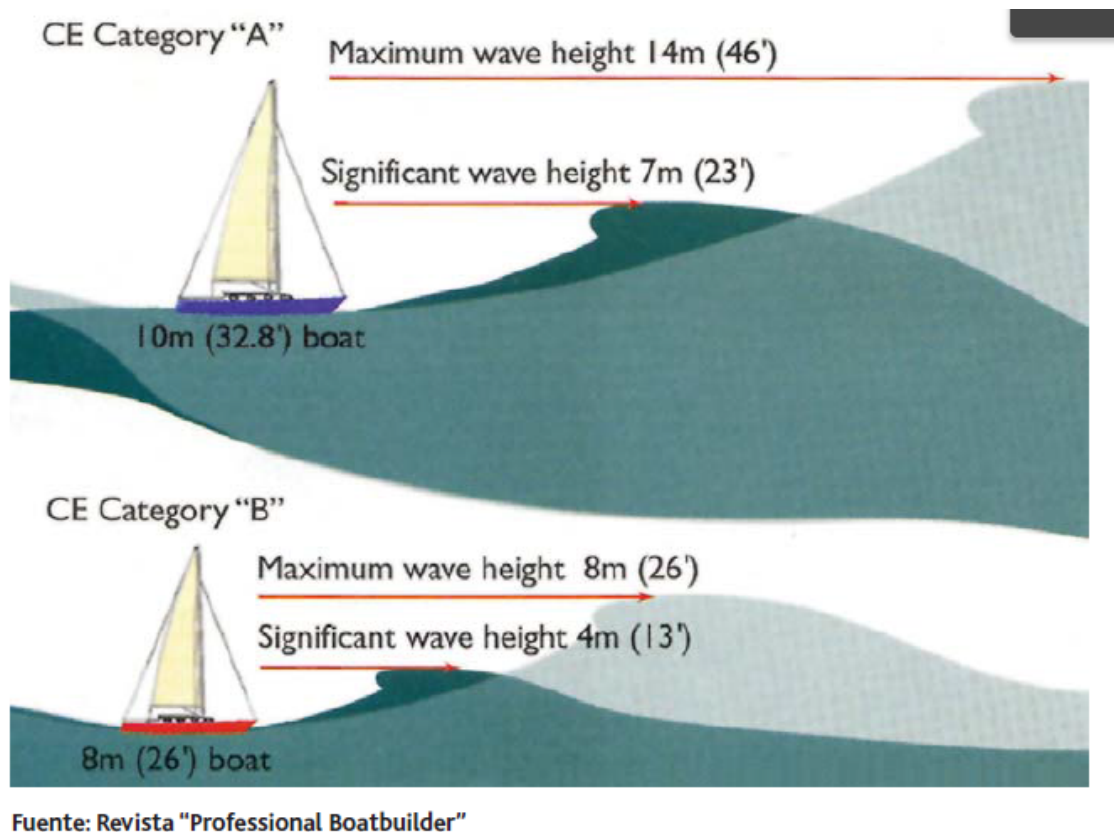


Figura 11 Comparativa entre las dos categorías de diseño mas altas

La altura significativa de ola (H_s) es la altura media de la mayor de un tercio de las olas, que aproximadamente corresponde a las altura de la ola estimada por un observador experimentado. Algunas olas alcanzarán el doble de esta altura

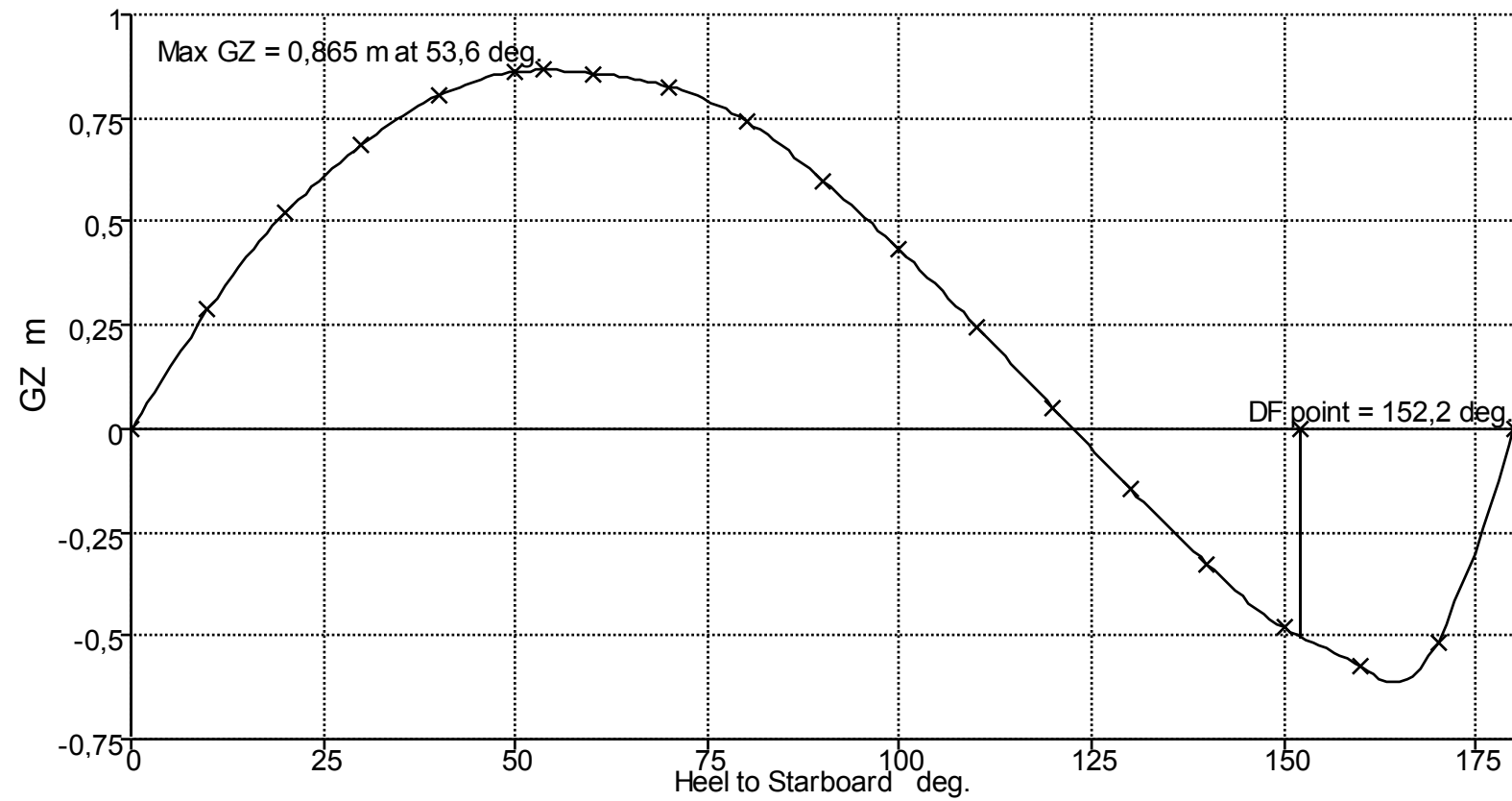
A continuación se exponen los cálculos en Hidromax de las condiciones anteriores de estabilidad para las diferentes condiciones de carga.

Veremos como nuestro STIX cumple con la categoría de diseño A, por lo que se considera que se ha diseñado para operar con vientos de fuerza Beaufort igual o menor de 10 y las alturas de ola significativa de 7 m aproximadamente; y sobrevivir en las más severas condiciones. Estas condiciones se pueden encontrar en largos viajes, por ejemplo, a través de los océanos, o costeros cuando mp se tenga una protección contra el viento y las olas durante varios cientos de millas náuticas. Se considera que los vientos pueden alcanzar rachas de 28 m/s (aproximadamente 54 nudos).

2 Cálculos en Hidromax

2.1 Situación de buque en rosca

Item Name	Quantity	Sounding m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Rosca(mLCC)	1		17596,0	17596,0	9,490	0,000	0,014	0,000	0,000	User Specified
total rosca				17596,0	9,490	0,000	0,014		0,000	
Gasoil br	0%	0,000	429,7	0,0	3,148	-1,000	-0,011		0,000	Maximum
Gasoil es	0%	0,000	429,7	0,0	3,148	1,000	-0,011		0,000	Maximum
Agua Br	0%	0,000	376,7	0,0	11,683	-1,054	-0,193		0,000	Maximum
Agua es	0%	0,000	376,7	0,0	11,683	1,054	-0,193		0,000	Maximum
Aguas Gris br	0%	0,000	147,8	0,0	8,507	-0,298	-0,535		0,000	Maximum
Aguas Gris es	0%	0,000	147,8	0,0	8,507	0,298	-0,535		0,000	Maximum
Aguas negras br	0%	0,000	88,6	0,0	8,506	-0,794	-0,522		0,000	Maximum
Aguas negras es	0%	0,000	88,6	0,0	8,506	0,794	-0,522		0,000	Maximum
total tank				0,0	0,000	0,000	0,000		0,000	
Total Loadcase				17596,0	9,490	0,000	0,014		0,000	
FS correction							0,000			
VCG fluid							0,014			



variaciones de los valores en función del ángulo de inclinación

Heel to Starboard degrees	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0
Displacement kg	17596	17596	17596	17596	17595	17595	17596	17597	17597
Draft at FP m	2,951	2,967	3,005	3,047	3,075	3,083	3,084	3,073	2,950
Draft at AP m	2,637	2,581	2,411	2,116	1,661	0,990	-0,052	-2,008	-7,663
WL Length m	15,407	15,553	15,822	15,892	15,809	15,737	15,775	15,993	16,500
Immersed Depth m	2,796	2,740	2,564	2,270	1,864	1,375	0,935	0,931	1,045
WL Beam m	3,877	3,782	3,558	3,324	3,180	3,436	3,226	4,399	2,066
Wetted Area m ²	56,551	56,083	54,620	53,003	51,947	51,295	50,128	46,880	45,568
Waterpl. Area m ²	40,003	39,425	37,748	36,270	35,575	33,207	31,335	30,280	28,347
Prismatic Coeff.	0,477	0,474	0,471	0,471	0,470	0,473	0,500	0,547	0,574
Block Coeff.	0,103	0,107	0,119	0,143	0,183	0,271	0,398	0,408	0,482
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	9,497	9,499	9,505	9,517	9,535	9,558	9,584	9,610	9,633
VCB from DWL m	-0,310	-0,317	-0,329	-0,336	-0,330	-0,322	-0,328	-0,349	-0,376
GZ m	0,000	0,287	0,520	0,685	0,804	0,862	0,858	0,826	0,743
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	8,733	8,777	8,942	9,116	9,287	9,538	9,781	9,951	10,147
TCF to zero pt. m	0,000	0,255	0,500	0,725	0,902	0,878	0,783	0,624	0,620
Max deck inclination deg	1,1	10,1	20,1	30,1	40,1	50,2	60,2	70,1	80,1
Trim angle (+ve by stern) deg	-1,1	-1,4	-2,1	-3,3	-5,0	-7,3	-10,9	-17,3	-33,0

Heel to Starboard degrees	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	180,0
Displacement tonne	17596	17598	17596	17597	17596	17597	17596	17596	17596	17596
Draft at FP m	N/A	-3,709	-3,566	-3,541	-3,551	-3,576	-3,613	-3,664	-3,730	-3,760
Draft at AP m	N/A	-14,341	-8,677	-6,721	-5,692	-5,040	-4,580	-4,244	-4,015	-3,965
WL Length m	17,234	17,298	17,352	17,387	17,408	17,419	17,419	17,405	17,350	17,148
Immersed Depth m	1,210	1,333	1,408	1,432	1,403	1,317	1,171	0,967	0,732	0,701
WL Beam m	2,002	1,975	1,975	1,999	2,054	2,167	2,373	2,794	3,956	4,779
Wetted Area m ²	46,060	46,351	46,642	47,093	47,832	49,054	51,119	54,959	63,491	74,445
Waterpl. Area m ²	27,685	26,857	26,359	26,437	27,187	28,856	31,842	37,206	48,109	59,907
Prismatic Coeff.	0,564	0,579	0,596	0,616	0,640	0,667	0,698	0,725	0,699	0,698
Block Coeff.	0,411	0,377	0,356	0,345	0,342	0,345	0,354	0,365	0,342	0,299
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	9,648	9,657	9,655	9,643	9,620	9,593	9,563	9,536	9,512	9,506
VCB from DWL m	-0,396	-0,412	-0,422	-0,423	-0,413	-0,391	-0,354	-0,301	-0,231	-0,173
GZ m	0,599	0,431	0,245	0,050	-0,145	-0,328	-0,481	-0,574	-0,516	0,000
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	10,211	10,106	9,949	9,786	9,618	9,425	9,198	8,899	8,359	7,595
TCF to zero pt. m	0,509	0,377	0,231	0,086	-0,053	-0,176	-0,266	-0,290	-0,156	0,000
Max deck inclination deg	90,0	99,9	109,9	119,8	129,8	139,8	149,9	159,9	170,0	179,3
Trim angle (+ve by stern) deg	N/A	-33,1	-17,4	-11,0	-7,5	-5,1	-3,4	-2,0	-1,0	-0,7

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.3 Downflooding angle				Pass	
	shall be greater than (>)	40,0	deg	152,2	Pass	+280,44
ISO 12217-2:2002(E)	6.3 Angle of vanishing stability				Pass	
	shall be greater than (>)	100,0	deg	122,5	Pass	+22,54
ISO 12217-2:2002(E)	6.4 STIX				Pass	
	delta	0				
	AS, sail area ISO 8666	72,000	m^2			
	height of centroid of AS	9,180	m			
	LH, Hydromax calculated	17,950	m			
	BH, Hydromax calculated	4,867	m			
	LWL, Hydromax calculated	15,407	m			
	BWL, Hydromax calculated	3,877	m			
	height of immersed profile area centroid, Hydromax calculated	-0,871	m			
	STIX value shall be greater than (>)	32,0		61,7	Pass	+92,78
	Intermediate values					
	m, mass of boat in current loading condition		tonne	17596,0		
	height of waterline in current loading condition		m	-0,032		
	phiD, actual downflooding angle		deg	152,2		
	PhiV, actual angle of vanishing stability		deg	122,5		
	AGZ, area under righting lever curve, from 0,0 to 116,9 deg.		m.deg	69,3249		
	GZ90, righting lever at 90 deg		m	0,599		
	GZD, righting lever at downflooding angle		m	-0,507		
	FR			7,948		
	LBS, weighted average length			16,255		
	FL, length factor			1,081		
	FB, beam factor			1,987		
	VAW, steady apparent wind speed		m/s	n/a		
	FDS, dynamic stability factor	(1,035)		1,035		
	FIR, inversion recovery factor	(1,075)		1,075		
	FKR, knockdown recovery factor	(1,537)		1,500		
	FDL, displacement-length factor	(0,963)		0,963		
	FBD, beam-displacement factor	(0,998)		0,998		
	FWM, wind moment factor	(1,000)		1,000		
	FDF, downflooding factor	(1,691)		1,250		

Equilibrio

Draft Amidsh. m	2,794
Displacement kg	17596
Heel to Starboard degrees	0,0
Draft at FP m	2,951
Draft at AP m	2,637
Draft at LCF m	2,780
Trim (+ve by stern) m	-0,314
WL Length m	15,407
WL Beam m	3,877
Wetted Area m ²	56,551
Waterpl. Area m ²	40,003
Prismatic Coeff.	0,477
Block Coeff.	0,103
Midship Area Coeff.	0,248
Waterpl. Area Coeff.	0,670
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	9,497
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	8,733
KB m	2,485
KG fluid m	2,840
BMt m	2,060
BML m	28,529
GMt corrected m	1,704
GML corrected m	28,174
KMt m	4,544
KML m	31,014
Immersion (TPc) tonne/cm	0,410
MTc tonne.m	0,304
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) kg.m	523,36
	6
Max deck inclination deg	1,1
Trim angle (+ve by stern) deg	-1,1

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = 0,004 m)		0,343
Deck Edge (freeboard pos = 0,004 m)		0,419
DF point	Downflooding point	1,375

Key point	Type	Freeboard m
DF point	Downflooding point	1,375

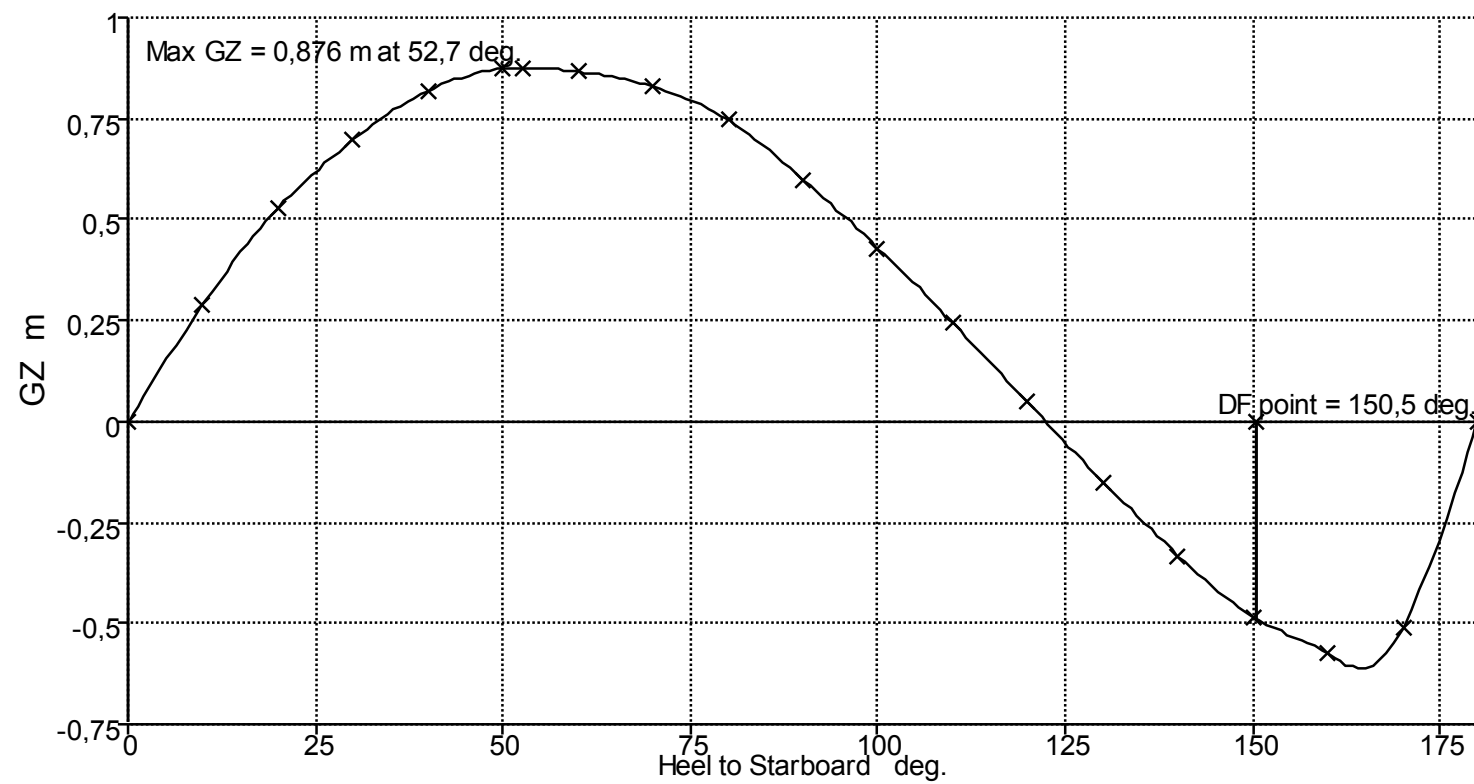
Code	Criteria	Value	Unit s	Actu al	Statu s	Margin %
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.2 Downflooding height at equilibrium				Pass	
	the min. freeboard of the	DownfloodingPoints				
	shall be greater than (>)	1,050	m	1,375	Pass	+30,99

2.2 Estudio de condición mínima operativa (m_{MOC})

Item Name	Quantity	Sounding m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Rosca(mLCC)	1		17596,0	17596,0	9,490	0,000	0,014	0,000	0,000	User Specified
total rosca				17596,0	9,490	0,000	0,014		0,000	
tripulación	1		225,0	225,0	5,150	0,000	-0,436	0,000	0,000	User Specified
equipo esencial	1		240,0	240,0	5,150	0,000	0,174	0,000	0,000	User Specified
total mL				465,0	5,150	0,000	-0,121		0,000	
Gasoil br	0%	0,000	429,7	0,0	3,148	-1,000	-0,011		0,000	Maximum
Gasoil es	0%	0,000	429,7	0,0	3,148	1,000	-0,011		0,000	Maximum
Agua Br	0%	0,000	376,7	0,0	11,683	-1,054	-0,193		0,000	Maximum
Agua es	0%	0,000	376,7	0,0	11,683	1,054	-0,193		0,000	Maximum
Aguas Gris br	0%	0,000	147,8	0,0	8,507	-0,298	-0,535		0,000	Maximum
Aguas Gris es	0%	0,000	147,8	0,0	8,507	0,298	-0,535		0,000	Maximum
Aguas negras br	0%	0,000	88,6	0,0	8,506	-0,794	-0,522		0,000	Maximum
Aguas negras es	0%	0,000	88,6	0,0	8,506	0,794	-0,522		0,000	Maximum
total tank				0,0	0,000	0,000	0,000		0,000	
Total Loadcase				18061,0	9,378	0,000	0,011		0,000	
FS correction							0,000			
VCG fluid							0,011			

Velero tipo oceánico de 60 pies de eslora
Cuaderno 5: Estudio de la Estabilidad

Proyecto N° 14-106
Pablo Enrique González Sánchez



Heel to Starboard degrees	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0
Displacement kg	18061	18061	18061	18061	18059	18061	18061	18060	18062
Draft at FP m	2,933	2,948	2,985	3,025	3,050	3,052	3,045	3,018	2,854
Draft at AP m	2,672	2,618	2,452	2,163	1,717	1,063	0,048	-1,857	-7,357
WL Length m	15,397	15,752	16,010	16,078	15,989	15,921	15,967	16,196	16,697
Immersed Depth m	2,804	2,749	2,574	2,280	1,875	1,388	0,952	0,954	1,065
WL Beam m	3,902	3,808	3,586	3,356	3,179	3,478	3,198	4,311	2,067
Wetted Area m ²	57,625	56,921	55,494	53,863	52,738	52,129	50,945	47,805	46,277
Waterpl. Area m ²	41,027	40,147	38,480	36,969	36,036	33,531	31,617	30,471	28,560
Prismatic Coeff.	0,485	0,476	0,472	0,473	0,471	0,473	0,499	0,542	0,571
Block Coeff.	0,105	0,107	0,119	0,143	0,185	0,274	0,396	0,401	0,480
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	9,384	9,386	9,391	9,403	9,421	9,443	9,468	9,492	9,516
VCB from DWL m	-0,311	-0,317	-0,331	-0,338	-0,333	-0,327	-0,335	-0,356	-0,384
GZ m	0,000	0,290	0,528	0,697	0,818	0,873	0,866	0,829	0,746
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	8,591	8,681	8,842	9,016	9,197	9,440	9,684	9,854	10,033
TCF to zero pt. m	0,000	0,255	0,501	0,729	0,901	0,875	0,781	0,630	0,618
Max deck inclination deg	0,9	10,1	20,1	30,1	40,1	50,1	60,1	70,1	80,1
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,9	-1,2	-1,9	-3,0	-4,7	-7,0	-10,4	-16,6	-32,0

Heel to Starboard degrees	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	180,0
Displacement kg	18060	18062	18063	18061	18061	18062	18061	18061	18061	18061
Draft at FP m	N/A	-3,802	-3,614	-3,573	-3,574	-3,594	-3,627	-3,674	-3,736	-3,762
Draft at AP m	N/A	-14,034	-8,523	-6,619	-5,619	-4,983	-4,537	-4,211	-3,993	-3,951
WL Length m	17,243	17,366	17,399	17,425	17,440	17,446	17,444	17,426	17,367	17,160
Immersed Depth m	1,231	1,354	1,429	1,452	1,419	1,331	1,184	0,976	0,729	0,698
WL Beam m	2,004	1,979	1,983	2,009	2,069	2,185	2,394	2,815	3,960	4,775
Wetted Area m ²	46,737	47,037	47,333	47,783	48,536	49,773	51,870	55,772	64,443	74,781
Waterpl. Area m ²	27,838	27,100	26,646	26,750	27,553	29,283	32,341	37,814	48,902	59,937
Prismatic Coeff.	0,567	0,579	0,597	0,618	0,642	0,669	0,701	0,732	0,710	0,709
Block Coeff.	0,414	0,379	0,358	0,347	0,344	0,347	0,356	0,368	0,352	0,308
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	9,531	9,539	9,537	9,524	9,504	9,476	9,447	9,421	9,398	9,393
VCB from DWL m	-0,404	-0,419	-0,428	-0,429	-0,419	-0,395	-0,357	-0,304	-0,233	-0,174
GZ m	0,600	0,430	0,243	0,047	-0,149	-0,332	-0,484	-0,575	-0,512	0,000
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	10,084	10,018	9,868	9,716	9,546	9,353	9,129	8,832	8,293	7,587
TCF to zero pt. m	0,508	0,376	0,231	0,087	-0,051	-0,172	-0,258	-0,278	-0,135	0,000
Max deck inclination deg	90,0	99,9	109,9	119,9	129,8	139,9	149,9	159,9	170,0	179,3
Trim angle (+ve by stern) deg	N/A	-32,1	-16,7	-10,6	-7,1	-4,9	-3,2	-1,9	-0,9	-0,7

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.3 Downflooding angle				Pass	
	shall be greater than (>)	40,0	deg	150,5	Pass	+276,32
ISO 12217-2:2002(E)	6.3 Angle of vanishing stability				Pass	
	shall be greater than (>)	100,0	deg	122,4	Pass	+22,35
ISO 12217-2:2002(E)	6.4 STIX				Pass	
	delta	0				
	AS, sail area ISO 8666	72,000	m ²			
	height of centroid of AS	9,180	m			
	LH, Hydromax calculated	17,950	m			
	BH, Hydromax calculated	4,867	m			
	LWL, Hydromax calculated	15,397	m			
	BWL, Hydromax calculated	3,902	m			
	height of immersed profile area centroid, Hydromax calculated	-0,863	m			
	STIX value shall be greater than (>)	32,0		62,2	Pass	+94,39
	Intermediate values					
	m, mass of boat in current loading condition		tonne	18061,0		
	height of waterline in current loading condition		m	-0,023		
	phiD, actual downflooding angle		deg	150,5		
	PhiV, actual angle of vanishing stability		deg	122,4		
	AGZ, area under righting lever curve, from 0,0 to 116,9 deg.		m.deg	69,9066		
	GZ90, righting lever at 90 deg		m	0,600		
	GZD, righting lever at downflooding angle		m	-0,490		
	FR			8,172		
	LBS, weighted average length			16,248		
	FL, length factor			1,081		
	FB, beam factor			1,970		
	VAW, steady apparent wind speed		m/s	n/a		
	FDS, dynamic stability factor	(1,044)		1,044		
	FIR, inversion recovery factor	(1,076)		1,076		
	FKR, knockdown recovery factor	(1,556)		1,500		
	FDL, displacement-length factor	(0,968)		0,968		
	FBD, beam-displacement factor	(1,001)		1,001		
	FWM, wind moment factor	(1,000)		1,000		
	FDF, downflooding factor	(1,673)		1,250		

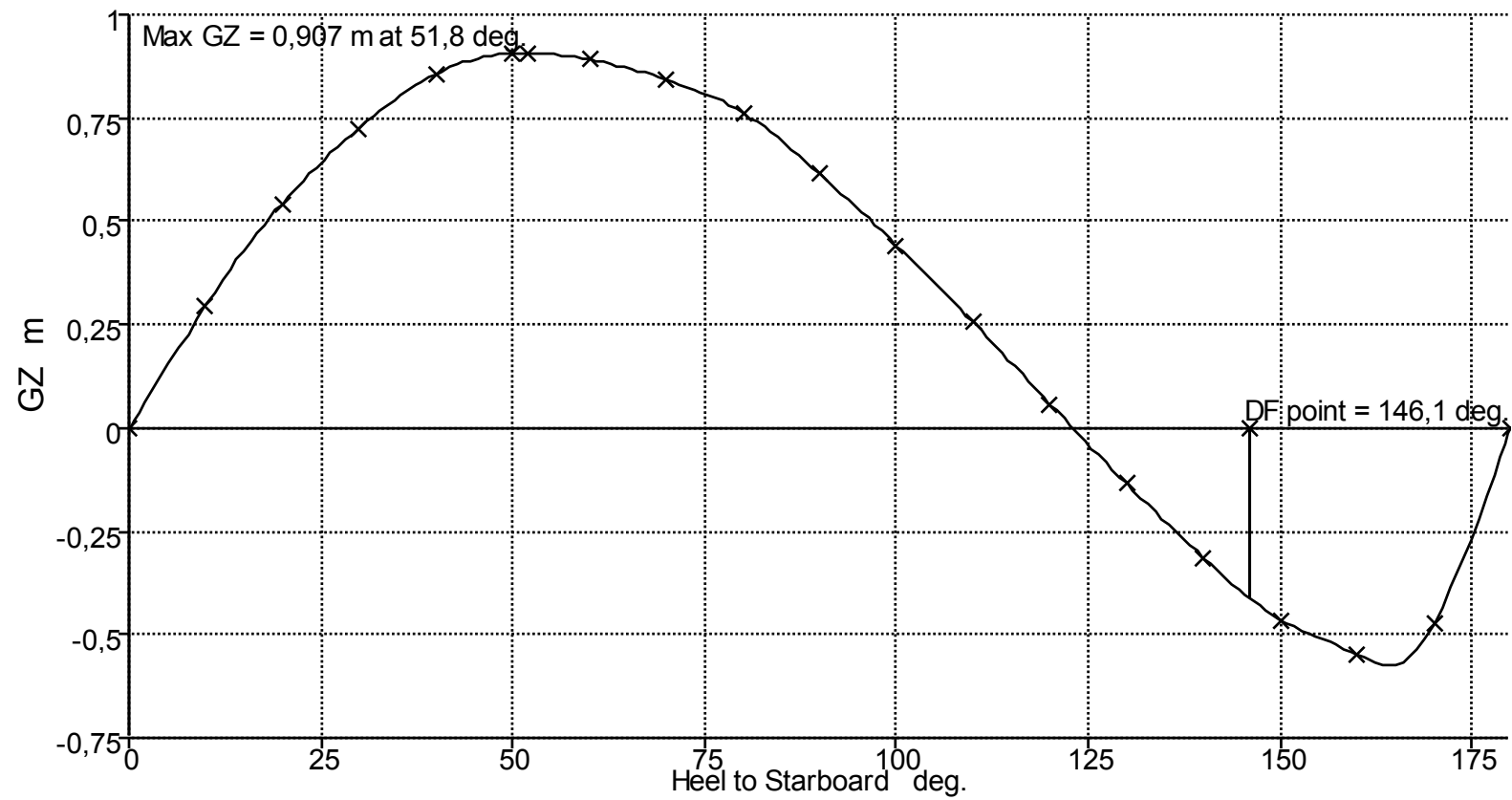
Draft Amidsh. m	2,803
Displacement kg	18061
Heel to Starboard degrees	0,0
Draft at FP m	2,933
Draft at AP m	2,672
Draft at LCF m	2,789
Trim (+ve by stern) m	-0,261
WL Length m	15,397
WL Beam m	3,902
Wetted Area m ²	57,625
Waterpl. Area m ²	41,027
Prismatic Coeff.	0,485
Block Coeff.	0,105
Midship Area Coeff.	0,249
Waterpl. Area Coeff.	0,683
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	9,384
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	8,591
KB m	2,491
KG fluid m	2,837
BMt m	2,072
BML m	29,580
GMt corrected m	1,726
GML corrected m	29,234
KMt m	4,563
KML m	32,070
Immersion (TPc) tonne/cm	0,421
MTc tonne.m	0,324
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) kg.m	544,126
Max deck inclination deg	0,9
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,9

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = 0,004 m)		0,304
Deck Edge (freeboard pos = 0,004 m)		0,38
DF point	Downflooding point	1,354
DF point	Downflooding point	1,354

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.2 Downflooding height at equilibrium				Pass	
	the min. freeboard of the	DownfloodingPoints				
	shall be greater than (>)	1,050	m	1,354	Pass	+28,96

2.3 Estudio de condición desplazamiento en carga (m_{LDC})

Item Name	Quantity	Sounding m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Arm m	Trans. Arm m	Vert.Arm m	Unit FSM tonne. m	Total FSM tonne. m	FSM Type
Rosca(mLCC)	1		17596,0	17596,0	9,490	0,000	0,014	0,000	0,000	User Specified
total rosca				17596,0	9,490	0,000	0,014		0,000	
pertrechos	1		280,0	280,0	2,700	0,000	-0,436	0,000	0,000	User Specified
total variable				280,0	2,700	0,000	-0,436		0,000	
Gasoil br	100%	0,476	429,7	429,7	3,148	-1,000	-0,011		0,000	Maximum
Gasoil es	100%	0,476	429,7	429,7	3,148	1,000	-0,011		0,000	Maximum
Agua Br	100%	0,641	376,7	376,7	11,683	-1,054	-0,193		0,000	Maximum
Agua es	100%	0,641	376,7	376,7	11,683	1,054	-0,193		0,000	Maximum
Aguas Gris br	100%	0,283	147,8	147,8	8,507	-0,298	-0,535		0,000	Maximum
Aguas Gris es	100%	0,283	147,8	147,8	8,507	0,298	-0,535		0,000	Maximum
Aguas negras br	100%	0,268	88,6	88,6	8,506	-0,794	-0,522		0,000	Maximum
Aguas negras es	100%	0,268	88,6	88,6	8,506	0,794	-0,522		0,000	Maximum
total tank				2085,7	7,446	0,000	-0,195		0,000	
Total Loadcase				19961,7	9,181	0,000	-0,014		0,000	
FS correction							0,000			
VCG fluid							-0,014			



Heel to Starboard degrees	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0
Displacement kg	19962	19962	19962	19962	19962	19962	19961	19961	19960	19961
Draft at FP m	2,940	2,954	2,988	3,024	3,045	3,044	3,031	3,002	2,837	N/A
Draft at AP m	2,746	2,695	2,541	2,269	1,847	1,238	0,296	-1,475	-6,568	N/A
WL Length m	15,829	16,201	16,460	16,533	16,447	16,411	16,492	16,750	17,136	17,412
Immersed Depth m	2,844	2,790	2,617	2,325	1,923	1,442	1,015	1,045	1,140	1,305
WL Beam m	3,974	3,891	3,691	3,478	3,182	3,568	3,079	3,920	2,071	2,014
Wetted Area m^2	60,083	59,679	58,378	56,767	55,763	55,262	54,104	51,628	49,134	49,486
Waterpl. Area m^2	43,052	42,286	40,681	39,181	37,586	34,464	32,543	31,163	29,362	28,598
Prismatic Coeff.	0,494	0,484	0,479	0,479	0,477	0,478	0,498	0,534	0,573	0,577
Block Coeff.	0,109	0,111	0,122	0,146	0,194	0,293	0,397	0,385	0,481	0,425
LCB from zero pt. (+ve fwd)	9,184	9,186	9,191	9,201	9,217	9,238	9,262	9,285	9,304	9,320
VCB from DWL m	-0,320	-0,327	-0,341	-0,350	-0,348	-0,348	-0,360	-0,382	-0,412	-0,432
GZ m	0,000	0,296	0,543	0,726	0,856	0,906	0,892	0,844	0,762	0,614
LCF from zero pt. (+ve fwd)	8,383	8,457	8,618	8,797	8,994	9,244	9,484	9,664	9,829	9,917
TCF to zero pt. m	0,000	0,253	0,501	0,736	0,888	0,863	0,768	0,643	0,609	0,499
Max deck inclination deg	0,7	10,0	20,1	30,1	40,1	50,1	60,1	70,1	80,1	90,0
Trim angle (+ve by stern)	-0,7	-0,9	-1,6	-2,6	-4,2	-6,3	-9,5	-15,3	-30,0	N/A

Heel to Starboard degrees	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	180,0
Displacement tkg	19962	19962	19960	19962	19963	19962	19962	19962	19962
Draft at FP m	-3,802	-3,608	-3,565	-3,562	-3,581	-3,612	-3,658	-3,717	-3,739
Draft at AP m	-13,229	-8,122	-6,357	-5,429	-4,840	-4,429	-4,131	-3,943	-3,914
WL Length m	17,490	17,492	17,500	17,504	17,502	17,494	17,469	17,398	17,184
Immersed Depth m	1,428	1,502	1,523	1,487	1,393	1,237	1,019	0,754	0,721
WL Beam m	1,998	2,013	2,054	2,130	2,261	2,490	2,933	4,132	4,761
Wetted Area m ²	49,767	50,057	50,515	51,285	52,559	54,730	58,782	67,693	75,432
Waterpl. Area m ²	27,947	27,596	27,839	28,787	30,683	33,968	39,732	51,152	59,849
Prismatic Coeff.	0,590	0,608	0,628	0,651	0,678	0,709	0,741	0,726	0,728
Block Coeff.	0,390	0,368	0,356	0,351	0,353	0,361	0,373	0,359	0,330
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	9,327	9,325	9,314	9,295	9,270	9,243	9,218	9,199	9,194
VCB from DWL m	-0,446	-0,454	-0,453	-0,441	-0,415	-0,375	-0,318	-0,244	-0,186
GZ m	0,442	0,254	0,059	-0,135	-0,315	-0,464	-0,548	-0,474	0,000
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	9,867	9,726	9,573	9,403	9,209	8,984	8,685	8,138	7,569
TCF to zero pt. m	0,372	0,232	0,093	-0,037	-0,150	-0,226	-0,231	-0,067	0,000
Max deck inclination deg	99,9	109,9	119,9	129,9	139,9	149,9	159,9	170,0	179,4
Trim angle (+ve by stern) deg	-30,0	-15,5	-9,7	-6,5	-4,4	-2,9	-1,7	-0,8	-0,6

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.3 Downflooding angle				Pass	
	shall be greater than (>)	40,0	deg	146,1	Pass	+265,15
ISO 12217-2:2002(E)	6.3 Angle of vanishing stability				Pass	
	shall be greater than (>)	100,0	deg	123,0	Pass	+22,99
ISO 12217-2:2002(E)	6.4 STIX				Pass	
	delta	0				
	AS, sail area ISO 8666	72,000	m ²			
	height of centroid of AS	9,180	m			
	LH, Hydromax calculated	17,950	m			
	BH, Hydromax calculated	4,867	m			
	LWL, Hydromax calculated	15,829	m			
	BWL, Hydromax calculated	3,974	m			
	height of immersed profile area centroid, Hydromax calculated	-0,825	m			
	STIX value shall be greater than (>)	32,0		65,3	Pass	+104,1
	Intermediate values					
	m, mass of boat in current loading condition		tonne	19961,6		
	height of waterline in current loading condition		m	0,017		
	phiD, actual downflooding angle		deg	146,1		
	PhiV, actual angle of vanishing stability		deg	123,0		
	AGZ, area under righting lever curve, from 0,0 to 118,1 deg.		m.deg	72,1557		
	GZ90, righting lever at 90 deg		m	0,614		
	GZD, righting lever at downflooding angle		m	-0,411		
	FR			9,283		
	LBS, weighted average length			16,536		
	FL, length factor			1,085		
	FB, beam factor			1,906		
	VAW, steady apparent wind speed		m/s	n/a		
	FDS, dynamic stability factor	(1,077)		1,077		
	FIR, inversion recovery factor	(1,093)		1,093		
	FKR, knockdown recovery factor	(1,648)		1,500		
	FDL, displacement-length factor	(0,979)		0,979		
	FBD, beam-displacement factor	(1,010)		1,010		
	FWM, wind moment factor	(1,000)		1,000		
	FDF, downflooding factor	(1,623)		1,250		

Draft Amidsh. m	2,843
Displacement kg	19962
Heel to Starboard degrees	0,0
Draft at FP m	2,940
Draft at AP m	2,746
Draft at LCF m	2,830
Trim (+ve by stern) m	-0,194
WL Length m	15,829
WL Beam m	3,974
Wetted Area m ²	60,083
Waterpl. Area m ²	43,052
Prismatic Coeff.	0,494
Block Coeff.	0,109
Midship Area Coeff.	0,256
Waterpl. Area Coeff.	0,684
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	9,184
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	8,383
KB m	2,519
KG fluid m	2,812
BMt m	2,046
BML m	29,609
GMt corrected m	1,754
GML corrected m	29,317
KMt m	4,566
KML m	32,129
Immersion (TPc) tonne/cm	0,441
MTc tonne.m	0,359
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) kg.m	611,022
Max deck inclination deg	0,7
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,7

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = 0,004 m)		0,225
Deck Edge (freeboard pos = 0,004 m)		0,301
DF point	Downflooding point	1,297
DF point	Downflooding point	1,297

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.2 Downflooding height at equilibrium				Pass	
	the min. freeboard of the	DownfloodingPoints				
	shall be greater than (>)	1,050	m	1,297	Pass	+23,56

2.4 índice de estabilidad

Una vez calculados todos los términos representados en la siguiente tabla y se ha de cumplir, al ser una embarcación de categoría A:

$$STIX = (8+2,2 \cdot LBS)(FDS \cdot FIR \cdot FKR \cdot FDL \cdot FBD \cdot FWM \cdot FDF)^{0,5} + \delta > 32$$

condicion de carga	rosca	m _{MOC}	m _{LDC}
FDS	1,035	1,044	1,077
FIR	1,075	1,076	1,093
FKR	1,500	1,500	1,500
FDL	0,963	0,968	0,979
FBD	0,998	1,001	1,010
FWM	1,000	1,000	1,000
FDF	1,250	1,250	1,250
STIX	61,7	62,2	65,3

Por tanto calculando el índice para los tres casos obtendremos:

- Índice de estabilidad condición rosca
- Índice de estabilidad condición mínima operativa
- Índice de estabilidad condición desplazamiento en carga

Por tanto, se observa que se verifica en todos los casos siendo $STIX > 32$

3 Bibliografía

UNE EN-ISO 12217-2. Cálculo estabilidad embarcaciones entre 6 y 24m,

- "Cómo evaluar un yate", Joachim F. Muhs.
- "Principles of Yacht Design", Lars Larsson y Rolf E Eliasson.
- "Proyectos de embarcaciones deportivas a vela" (4 tomos), Joaquin Coello y
- "Notas básicas sobre proyectos de yates a vela" Pedro Morales. Manolo Ruiz de Elvira,

2014

Cuaderno 6

Predicción de Potencia

VELERO TIPO OCEÁNICO 60 PIES DE ESLORA



GRADO EN ARQUITECTURA NAVAL

Autor: **PABLO ENRIQUE GONZÁLEZ SÁNCHEZ**

Tutor: **MARCOS MÍGUEZ GONZÁLEZ**



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

PROYECTO FIN DE GRADO EN ARQUITECTURA NAVAL

CURSO 2.012-2013

PROYECTO NÚMERO 14-106

TIPO DE BUQUE: Velero tipo oceánico de 60 pies de eslora

MATERIAL DEL CASCO: Materiales compuestos

CLASIFICACIÓN , COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: Bureau Veritas, Solas, Reglamentación ISO-UNE.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Las específicas para este buque

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA : 10 nudos al 90% MCR. 350 millas.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA : Las habituales en este tipo de buques.

PROPULSIÓN : Vela + 1 motor diesel.

TRIPULACIÓN Y PASAJE : 8 tripulantes/pasajeros

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES : Un mástil y demás elementos para la navegación en este tipo de buque

Ferrol, Febrero de 2.013

ALUMNO : D:/D^a Pablo Enrique González Sánchez

OBJETIVO:

En el presente cuaderno se realizarán los correspondientes cálculos para la predicción de potencia, llegando a estar en condiciones de poder elegir un motor para la embarcación, así como diseñar el propulsor óptimo para ésta.

Posteriormente se desarrollará el diseño del aparejo y se calculará la predicción de velocidad a vela.

Los datos de partida de la embarcación son:

Eslora Total.....	18,00m
Eslora Flotación.....	16,31m
Manga.....	4,89m
Puntal.....	4,17 (2,03 sin apéndices) m
Calado	2,826 (0,686 sin apéndices) m
Desplazamiento.....	19865 kg
Cb.....	0,416
Cp.....	0,545
Cm.....	0,801
Superficie Vélica.....	202m ²
Número de Tripulantes.....	8 (2 tripulantes y 6 pasajeros)
Categoría de Navegación.....	A (Oceánica)

1	INTRODUCCIÓN.....	5
2	ESTIMACIÓN DE LA POTENCIA PROPULSORA	5
2.1	PREDICCIÓN DE POTENCIA CON HULLSPEED.....	6
2.2	PREDICCIÓN DE POTENCIA CON NAVCAD.....	10
2.2.1	<i>Resistencia Total (Rt) y Potencia Efectiva (EHP):.....</i>	<i>12</i>
2.2.2	<i>Potencia de Freno (BHP).....</i>	<i>14</i>
2.2.3	<i>Motor.....</i>	<i>16</i>
2.2.4	<i>Hélice.....</i>	<i>18</i>
	Propulsor de 4 palas:	19
2.3	CLARAS DEL PROPULSOR.....	20
3	PROPULSIÓN A VELA.....	22
4	FORMAS Y DIMENSIONES DEL PLANO VÉLICO.....	22
4.1	INTRODUCCIÓN	22
4.2	TIPO DE APAREJO.....	24
4.2.1	<i>Aparejo.....</i>	<i>27</i>
4.2.2	<i>Mástil.....</i>	<i>35</i>
4.2.3	<i>Justificación medidas mástil.....</i>	<i>37</i>
4.3	DISEÑO DEL PLANO VELICO.	38
3.2.1	GÉNOVA	41
3.2.2	VELAS PORTANTES.....	42
3.2.3	DIMENSIONES FINALES	45
4.4	COEFICIENTES.....	47
4.5	PREDICCIÓN DE VELOCIDAD A VELA.....	49
5	BIBLIOGRAFÍA.....	59
	ANEXO I. RESULTADOS DEL PROGRAMA DE PREDICCIÓN DE VELOCIDAD A VELA.....	
	ANEXO II. PLANOS VELAS Y APAREJO	
	ANEXO III. PLANOS PROPULSOR Y MOTOR.....	
	ANEXO IV. REPORTES RESULTADO PROGRAMA NAVCAD	

1 Introducción

Para el cálculo de las velocidades de un yate a vela y motor, como en cualquier otro tipo de yate, se tendrán que vencer la resistencia que el agua realiza sobre el casco (obra viva) y en menor medida la que el viento realiza sobre la parte de embarcación que esta expuesta a él (obra muerta).

Deberemos hallar la potencia nominal del motor, para que este cumpla la especificación de proyecto, que nos exige que el yate cumpla una velocidad de 10 nudos al 90% MCR

2 Estimación de la potencia propulsora

Para la estimación de la potencia necesaria para que el barco navegue a la velocidad de proyecto, 10 nudos, al 90 % MCR, se va a utilizar el método desarrollado por la Universidad de Delft, que se realizó con el estudio de los resultados obtenidos en pruebas de modelos de veleros. Para la obtención de un valor de la resistencia al avance que ofrece el barco, se divide el problema en:

- Cálculo de la resistencia viscosa.
- Obtención de la resistencia añadida.
- Variación de la resistencia por escora.
- Resistencia de apéndices.
- Resistencia de la obra muerta.
- Resistencia por olas.

Teniendo en cuenta que el módulo del programa Maxsurf, llamado Hullspeed, ya me resuelve la formulación de la mayor parte del problema, se simplifica el cálculo de potencia a los siguientes apartados:

2.1 Predicción de potencia con HULLSPEED.

Con la aplicación informática disponible Hullspeed, uno de los módulos de Maxsurf, se realiza el estudio introduciendo mis formas, por lo tanto ya incorpora todos los parámetros necesarios, que previamente se habían estudiado en los cuadernos anteriores y que eran obtenidos de los módulos Maxsurf e Hidromax

Una vez introducidas las formas en el programa, optamos por valorar los resultados obtenidos por el método de Delft 1-2 y 3, ya que el propio Hullspeed nos marca que para nuestros valores de eslora y manga, se trata del método más adecuado.

En primer lugar, se comprueba que los siguientes parámetros del casco cumplen los rangos de las Series Delft, el rango admisible es el siguiente:

Parámetros análisis delft	Rango admisible
LF/BF	2,73 – 5,00
BF/TC	2,46 -19,38
LF/ $\nabla C^{1/3}$	4,34 – 8,50
LCB	0,00 - -8,20
LCF -	1,80 - -9,50
CP	0,52 – 0,60
CM	0,65 – 0,78
AF/ $\nabla C^{1/3}$	3,78 – 12,67

Automáticamente el programa analiza nuestros valores en función del casco, y comprueba que están dentro de los límites, en la siguiente imagen se ve como no aparece ningún error marcado, por lo que se presupone que los valores entran dentro de los rangos validos para el calculo Delft

		Value	Units	Delft I,II Sail	Delft III Sail
1	LWL	16,312	m	16,312	16,312
2	Beam	3,995	m	3,995	3,995
3	Draft	0,686	m	0,686	0,686
4	Displaced volume	18,599	m ³	18,599	18,599
5	Wetted area	50,182	m ²	50,182	50,182
6	Prismatic coeff.	0,545		0,545	0,545
7	Waterplane area coeff.	0,682		0,682	0,682
8	1/2 angle of entrance	13,96	deg.	--	--
9	LCG from midships(+ve for'	-0,649	m	-0,649	-0,649
10	Transom area	0,001	m ²	--	--
11	Transom wl beam	0,506	m	--	--
12	Transom draft	0,003	m	--	--
13	Max sectional area	2,092	m ²	--	--
14	Bulb transverse area	0	m ²	--	--
15	Bulb height from keel	0	m	--	--
16	Draft at FP	0,686	m	--	--
17	Deadrise at 50% LWL	6,38	deg.	--	--
18	Hard chine or Round bilge	Round bilge		--	--
19					
20	Frontal Area	0	m ²		
21	Headwind	0	kts		
22	Drag Coefficient	0			
23	Air density	1,293	kg/m ³		
24	Appendage Area	0	m ²		
25	Nominal App. length	0	m		
26	Appendage Factor	1			
27					
28	Correlation allow.	0,00040			
29	Kinematic viscosity	0,0000011	m ² /s		
30	Water Density	1025,9	kg/m ³		

Figura 1. Tabla análisis Hullspeed

El programa no dispone de la posibilidad de introducir una altura de ola, de forma que la potencia que se obtiene es en aguas tranquilas, sumándole después el 8 % de la de aguas tranquilas.

Obtenemos el valor de la potencia efectiva de remolque (EHP). En nuestro caso:

	Speed (kts)	Delft I,II Resist. (N)	Delft I,II Power (hp)	Delft III Resist. (N)	Delft III Power (hp)
1	0	--	--	--	--
2	0,5	11,01	0	--	--
3	1	31,97	0,02	--	--
4	1,5	61,64	0,06	12,84	0,01
5	2	99,48	0,14	64,87	0,09
6	2,5	145,12	0,25	124,71	0,22
7	3	198,31	0,41	192,09	0,4
8	3,5	296,46	0,72	284,72	0,69
9	4	390,75	1,08	381,65	1,05
10	4,5	484,88	1,51	483,46	1,5
11	5	597,35	2,06	600,24	2,07
12	5,5	748,49	2,84	753,32	2,86
13	6	920,61	3,81	930,35	3,85
14	6,5	1124,1	5,04	1137,32	5,1
15	7	1354,46	6,54	1371,57	6,62
16	7,5	1646,75	8,52	1638,61	8,48
17	8	2077,19	11,46	1957,11	10,8
18	8,5	2465,15	14,46	2467,37	14,47
19	9	3216,33	19,97	3228,76	20,05
20	9,5	4385,1	28,74	4387,57	28,76
21	10	5900,83	40,71	5893,26	40,66
22	10,5	7623,89	55,23	7595,37	55,02
23	11	9473,56	71,89	9460,1	71,79
24	11,5	11221,72	89,03	10564,65	83,82
25	12	12795,9	105,93	12021,25	99,52
26	12,5	14236,55	122,77	13607,31	117,34
27	13	15620,33	140,09	14995,16	134,48
28	13,5	16779,75	156,28	16290,13	151,72
29	14	17908	172,96	17326,97	167,35
30	14,5	19002,91	190,09	18364,95	183,71
31	15	--	--	19265,23	199,36
32	15,5	--	--	20064,47	214,55
33	16	--	--	20981,17	231,59
34	16,5	--	--	21935,36	249,69
35	17	--	--	22894,3	268,5
36	17,5	--	--	23648,25	285,5
37	18	--	--	24420,47	303,25

Figura 2. Tabla resultados Hullspeed

EHP=40,71 hp para una velocidad de 10 nudos

Para el cálculo de la Potencia al freno (BHP = Brake Horsepower) que es la potencia del motor, medida en el acoplamiento del motor al eje. utilizaremos la siguiente relación:

$$BHP = \frac{EHP * \text{margen de mar}}{\eta_{ejes} * \%MCR * \eta_{hélice}}$$

De la expresión conocemos todos los términos:

-Potencia efectiva o de remolque (EHP = Effective Horsepower): es la potencia que realmente se emplea en mover el barco, o la potencia que sería necesario emplear para remolcar el barco a la velocidad de proyecto.

-margen de mar: Puesto que suponemos unos cálculos generales si no consideramos un margen de mar correspondía a unas condiciones de mar en calma, vamos a coger un margen de reserva del 8%, ya que nuestro barco tampoco se verá enfrentado a condiciones tan duras como por ejemplo un barco de carga que se dedique a hacer campañas por todo el mundo.

- $\eta_{hélice}$: el rendimiento de la hélice dista mucho de ser el 100%. Vamos a suponer un rendimiento del 55%..

- η_{ejes} : tomamos el 98% como nuestro rendimiento de ejes, estableciendo en un 2% las pérdidas que se corresponden en esta zona

%MCR: Es el margen de trabajo del motor. Suponemos que opera al 90 % de su potencia máxima.

$$BHP = \frac{40,71 * 1,08}{0,98 * 0,9 * 0,55} = 90,63 \text{ hp}$$

Además obtendremos varias graficas de relaciones importantes que presentamos en el ANEXO

2.2 Predicción de potencia con NAVCAD.

Como para cálculos posteriores el Hullspeed se nos quedará corto, también procederemos a realizar la predicción de potencia con el NavCad.

Aprovecharemos las hidrostáticas finales de Maxsurf para introducir los datos principales del barco pedidos en el NavCad

The screenshot shows the NAVCAD software interface with the 'Mode: Resistance' selected. The main data entry area is divided into two columns. The left column contains various drag and viscous parameters, while the right column contains summary, water properties, speeds, and design condition data.

Vessel drag		Calc	ITTC-78 (CT)
Technique:			Prediction
Prediction:			Delft Series (1/2/3)
Reference ship:			
Model LWL:	[m]		
Viscous			
Expansion:			Standard
Friction line:			ITTC-57
Hull form factor:	On		1,282
Speed corr:	Off		
Spray drag corr:	Off		
Corr allowance:			ITTC-78 (v2008)
Roughness [mm]:	On		0,15
Catamaran			
Interference:	Off		
Added drag			
Appendage:	Calc		Percentage
Wind:	Off		
Seas:	Off		
Shallow/channel:	Off		
Margin:	Calc		Hull + added drag [8%]

Type	Task
<input type="checkbox"/>	Right-click to add a task...

Project ID:	Velero 60
Description:	
Summary	
Scope:	ITTC-78 (CT)
Configuration:	Monohull
Chine type:	Round/multiple
Length on WL:	16,312 m
Displacement:	19,06 t
Propulsor type:	Propeller
Count:	1
Water properties	
Water type:	Salt
Density:	1026,00 kg/m3
Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Speeds	
Speed [01]	3,00 kt
Speed [02]	4,00 kt
Speed [03]	5,00 kt
Speed [04]	6,00 kt
Speed [05]	7,00 kt
Speed [06]	8,00 kt
Speed [07]	9,00 kt
Speed [08]	10,00 kt
Speed [09]	11,00 kt
Speed [10]	12,00 kt
Design condition	
Design speed:	10,00 kt

Figura 3. Tabla entradas NavCad

File Edit View Analysis Tools Help			
Mode: Resistance		Edit: Hull	
Vessel drag		Hull	
Technique:	Calc	ITTC-78 (CT)	
Prediction:		Prediction	
Reference ship:		Delft Series (1/2/3)	
Model LWL:	[m]		
Viscous		General	
Expansion:		Standard	
Friction line:		ITTC-57	
Hull form factor:	On	1,282	
Speed corr:	Off		
Spray drag corr:	Off		
Corr allowance:		ITTC-78 (v2008)	
Roughness [mm]:	On	0,15	
Catamaran		ITTC-78 (CT)	
Interference:	Off		
Added drag		LCB fwd TR: 8,812 m	
Appendage:	Calc	Percentage	
Wind:	Off		
Seas:	Off		
Shallow/channel:	Off		
Margin:	Calc	Hull + added drag [8%]	
		LCF fwd TR: 8,126 m	
		Max section area: 2,1 m2	
		Waterplane area: 44,3 m2	
		Bulb section area: 0,0 m2	
		Bulb ctr below WL: 0,000 m	
		Bulb nose fwd TR: 0,000 m	
		Transom area: 0,0 m2	
		Transom beam WL: 0,000 m	
		Transom immersion: 0,000 m	
		Half entrance angle: 19,00 deg	
		Bow shape factor: -1,0 [BTK flow]	
		Stern shape factor: 1,0 [WL flow]	
		Planing	
		Proj chine length: m	
		Proj bottom area: m2	
		LCG fwd TR: m	

Figura 4. Tabla entradas NavCad

Una vez introducidas las características principales, el programa valorará cual de los métodos de cálculo disponibles será más apropiado para nuestro barco.

Ya que anteriormente utilizamos el método Delft, seguiremos con este método aunque el programa nos proponga alguno mas ajustado a nuestras características.

Method Expert ranking				
Method	Speed	Hull	Details	Parameters
Jin (1988)	OK	OK	OK	FN [design] 0,13..0,45 0,41
DeGroot (RB)	OK	OK	OK	CVOL 4,34..7,51 6,16
Mercier	OK	OK	OK	CP 0,52..0,60 0,54
Holtrop	OK	Uncertain	OK	LWL/BWL 2,73..5,00 4,09
Fung (HSTS)	OK	Uncertain	OK	BWL/T 2,46..19,32 5,82
Oortmerssen	OK	Uncertain	OK	XCB/LWL 0,434..0,500 0,540 Range
Delft Series (1/2)	OK	Uncertain	OK	CWP 0,58..0,73 0,68
Delft Series (2)	OK	Uncertain	OK	CP/CWP 0,798..0,842 0,801
Delft Series (1/2/3)	OK	Uncertain	OK	
Delft Series (2/3)	OK	Uncertain	OK	
Ranking: Best ■ Good ■ Fair ■ Poor ■				

Figura 5. Tabla elección método cálculo

2.2.1 Resistencia Total (R_t) y Potencia Efectiva (EHP):

El programa nos calculará la resistencia total al avance y la potencia efectiva primeramente, los resultados totales se presentan en el ANEXO

Se obtiene que a una velocidad de 10 nudos, es necesaria una Potencia efectiva ($PE_{total} = EHP$) de 56.2 kW para vencer una resistencia total al avance (R_{total}) de 10.2 kN.

Aquí podemos ver las gráficas representativas

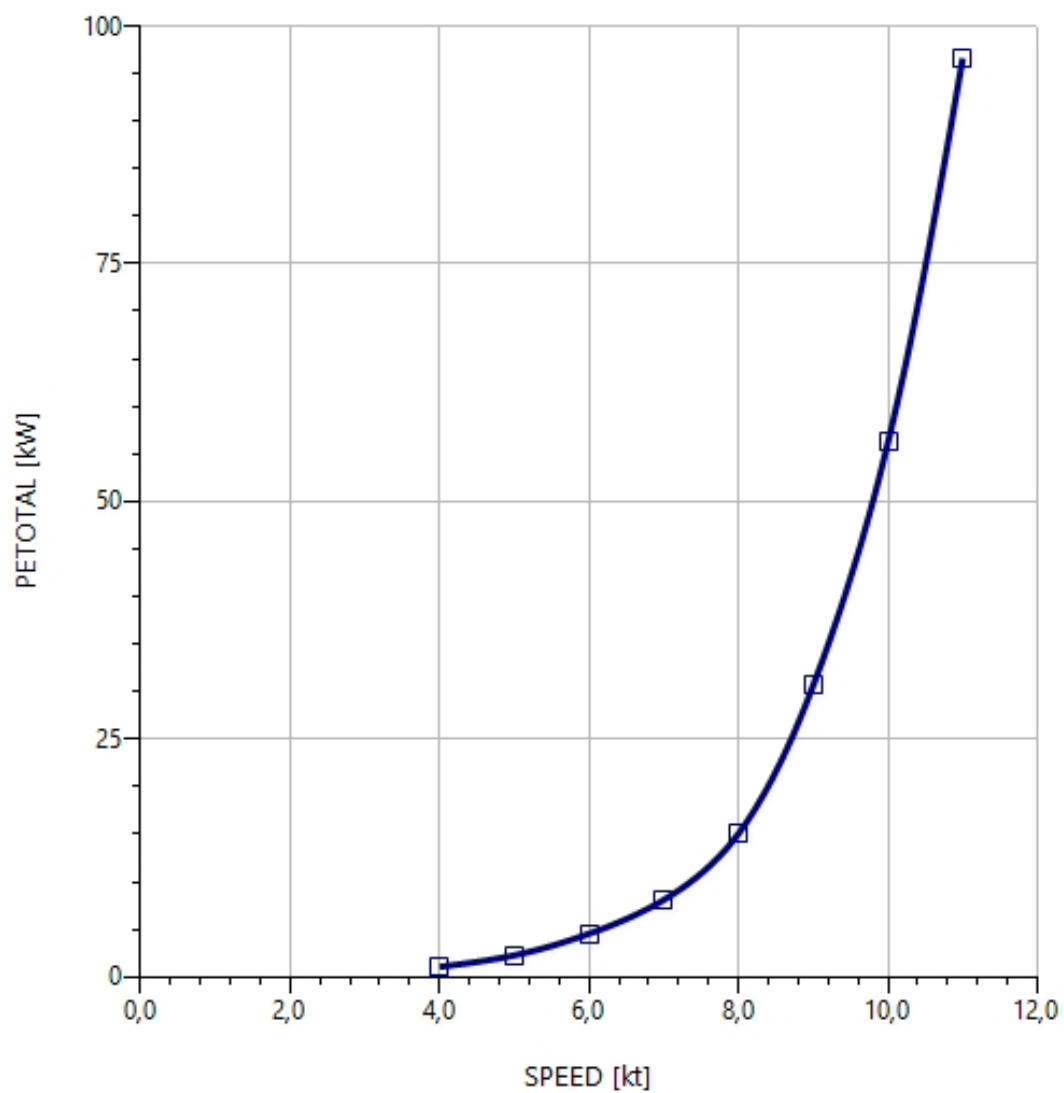


Figura 6. Gráfica Potencia Efectiva-Velocidad

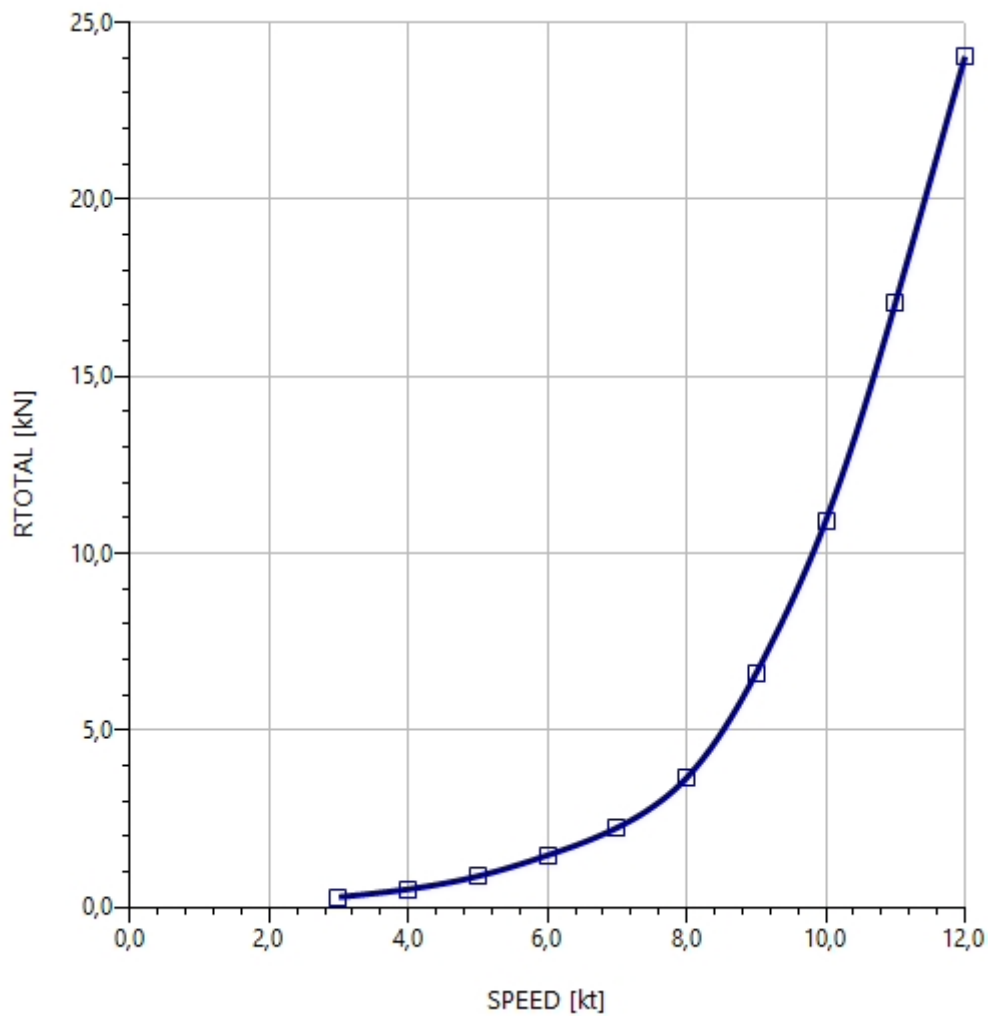


Figura 7. Gráfica Resistencia-Velocidad

2.2.2 Potencia de Freno (BHP)

Ya conocida la Potencia Efectiva y la resistencia de avance dimensionamos por empuje los datos necesarios, a partir de datos de nuestro buque base SWAN 601 que lleva un motor a 1200 rpm, una hélice 3 palas con un diámetro máximo de 550 mm. Los demás datos en lugar de fijarlos dejaremos que el programa los calcule con la opción *size*

Hull-propulsor		Calc	
Technique:		Prediction	
Prediction:		Holtrop	
Reference ship:			
Max prop diam:	[mm]	550,0	
Corrections			
Viscous scale corr:	On	Standard	
Rudder location:		Behind propeller	
Friction line:		ITTC-57	
Hull form factor:		1,282	
Corr allowance:		ITTC-78 (v2008)	
Roughness [mm]:	Off		
Ducted prop corr:	Off		
Tunnel stern corr:	Off		
Effective diam:	[m]		
Recess depth:	[m]		
System analysis			
Cavitation criteria:		Keller eqn	
Analysis type:		Free run	
CPP method:		Fixed RPM	
Engine RPM:			
Mass multiplier:			
RPM constraint:			
Limit [RPM/s]:			

Type	Task
<input type="checkbox"/>	Right-click to add a task...

Propulsor		
Count:	1	
Propulsor type:	Propeller series	
Propeller type:	FPP	
Propeller series:	B Series	
Propeller sizing:	By thrust	
Reference prop:		
Blade count:	4	
Expanded area ratio:	1,0499	
Propeller diameter:	550,0	mm
Propeller mean pitch:	0,9285	[P/D]
Hub immersion:	0,9091	[I/D]
Engine/gear		
Engine data:	None defined	
Rated RPM:		RPM
Rated power:		kW
Gear efficiency:	1,00	
Gear ratio:	2,597	
Shaft efficiency:	0,97	
Propeller options		
Oblique angle corr:	Off	
Shaft angle to WL:	0,00	deg
Added rise of run:	0,00	deg
Propeller cup:	0,0	mm
KTKQ corrections:	Standard	
Scale correction:	Full ITTC	
KT multiplier:	1,00	
KQ multiplier:	1,00	
Blade T/C [0.7R]:	Standard	
Roughness:	Standard	mm
Cav breakdown:	Off	
Nozzle L/D:	Standard	

Propeller sizing

To size			
Gear ratio:	Size	2,597	
Expanded area ratio:	Size	1,050	
Propeller diameter:	Size	550,0	mm
Propeller mean pitch:	Size	510,7	mm
Design condition			
Max prop diam:		550,0	mm
Design speed:		10,00	kt
Reference thrust:		14,12	kN
Design point:		1,000	
Reference RPM:		3200,0	
Design point:		1,030	

Size
Save report
OK
Cancel
Help

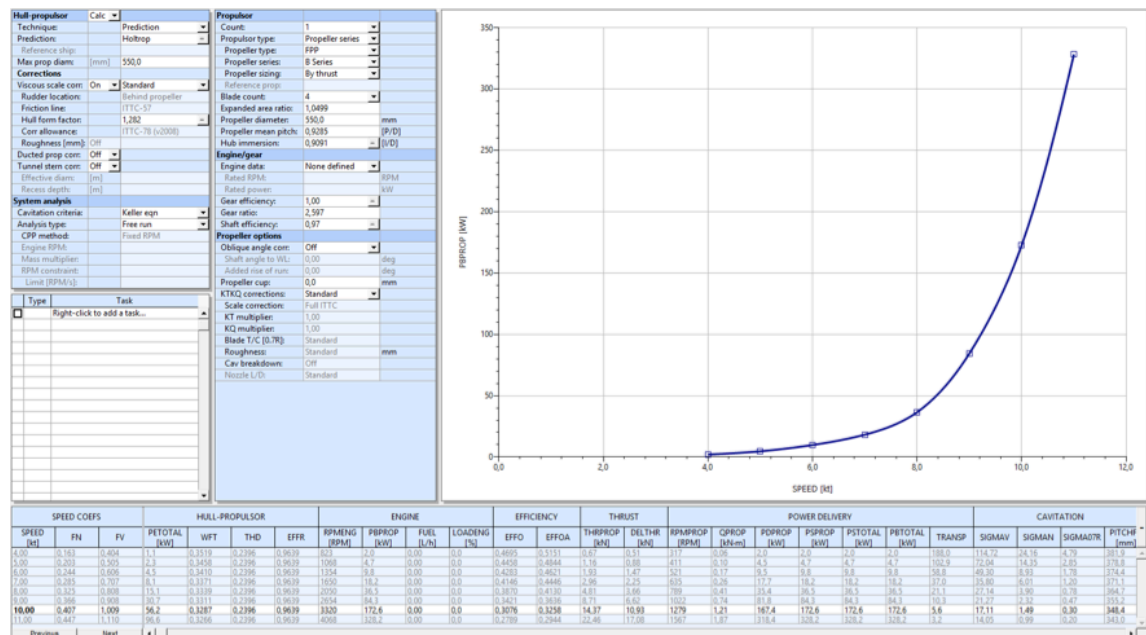


Figura 8-9-10. Datos de salida NavCad dimensionamiento por empuje

Los BHP que nos proporciona el programa, no se incluye el régimen de servicio al 90% por lo que, la potencia del motor se calcula de la siguiente forma:

$$Potencia\ motor = \frac{BHP}{\eta_{servicio}} = \frac{172,6}{0,9} = \mathbf{191\ kW}$$

a una velocidad de 10 nudos

2.2.3 Motor

La primera referencia tomada para la elección del motor, fue la estimación de la predicción de potencia, que se realizaba para poder dar 10 nudos al 90% de la MCR, de esta predicción obteníamos una dato de 172,6 kW

Se ha elegido el motor diesel marino D4-260 de Volvo-Penta cuya potencia nominal es de 191 kW (260 hp). Régimen a máxima velocidad 3500 rpm. Incorpora un sistema de inyección (Common-rail), que proporciona emisiones de escape bajas y limpias.

La curva de potencia suministrada por el motor en función de las revoluciones por minuto es la siguiente:

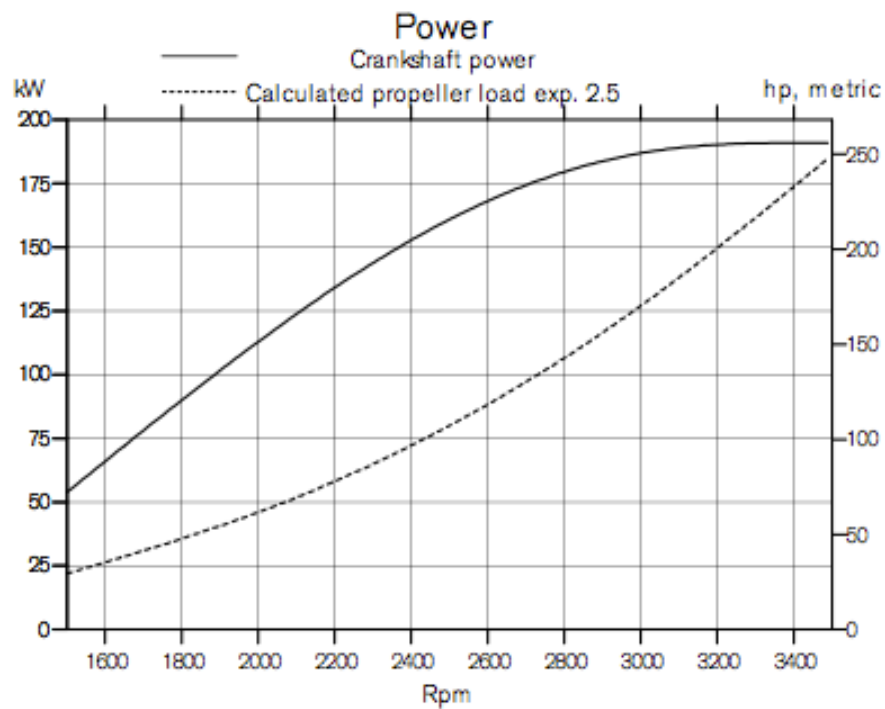


Figura 11. Curva Potencia-Rpm de motor

La curva del par motor es la siguiente:

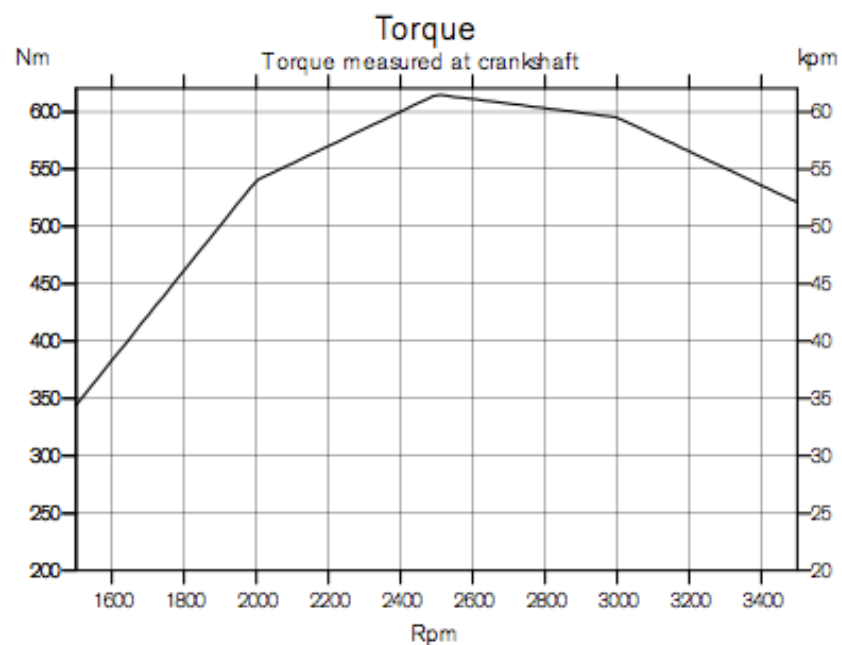


Figura 12. Curva Par-Rpm de motor

Y otra curva interesante es la del consumo:

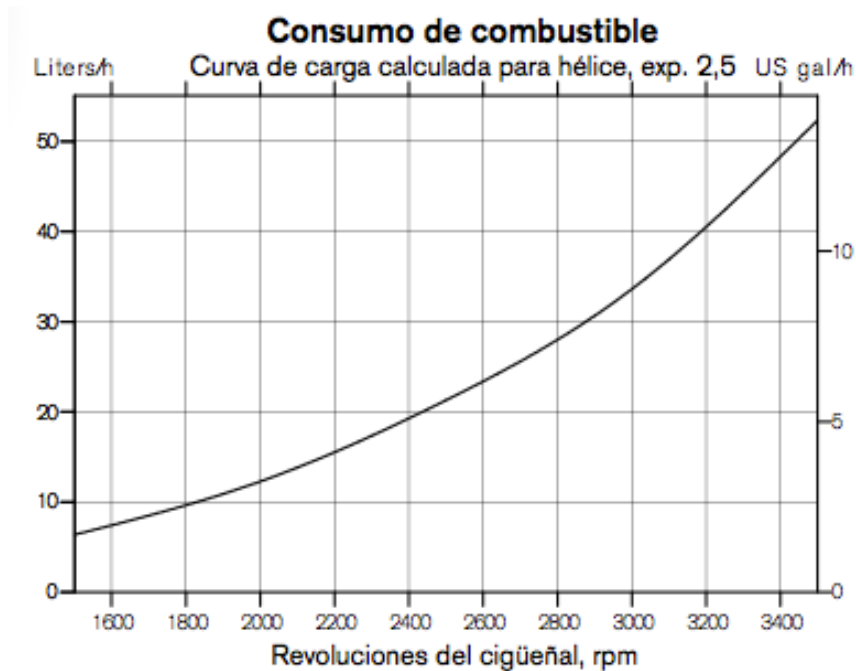


Figura 13. Curva Consumo-Rpm de motor

2.2.4 Hélice.

La especificación del proyecto no exige una hélice de cierto número de palas. Optamos por elegir una hélice no plegable y de palas orientables, la ventaja de este tipo de hélices se caracteriza de tener el mismo rendimiento que una hélice de palas fijas, cuando el motor está transmitiendo movimiento, pero las palas se orientan en sentido de avance cuando el motor no propulsa disminuyendo la resistencia al avance. En este apartado se detallarán los cálculos realizados para el diseño de la hélice como si se tratara de una hélice de palas fijas.

La gran mayoría de los barcos similares poseen hélices de 3 o 4 palas, los barcos de alta competición ya se irán a 2 palas debido a su poco uso, solo salvo emergencia y para entrada y salida de puerto. Por lo que realizaremos un estudio para 4 palas.

Propulsor de 4 palas:

Propeller sizing

To size			
Gear ratio:	Size	▼	2,579
Expanded area ratio:	Size	▼	1,050
Propeller diameter:	Size	▼	550,0 mm
Propeller mean pitch:	Size	▼	510,1 mm
Design condition			
Max prop diam:			550,0 mm
Design speed:		▼	10,00 kt
Reference power:		...	191,0 kW
Design point:		...	0,900
Reference RPM:		...	3200,0
Design point:		...	1,030

Hull-propulsor	Calc		Propulsor		
Technique:		Prediction	Count:	1	
Prediction:		Holtrop	Propulsor type:	Propeller series	
Reference ship:			Propeller type:	FPP	
Max prop diam:	[mm]	550,0	Propeller series:	B Series	
Corrections			Propeller sizing:	By power	
Viscous scale corr:	On	Standard	Reference prop:		
Rudder location:		Behind propeller	Blade count:	4	
Friction line:		ITTC-57	Expanded area ratio:	1,0499	
Hull form factor:		1,282	Propeller diameter:	550,0	mm
Corr allowance:		ITTC-78 (v2008)	Propeller mean pitch:	0,9275	[P/D]
Roughness [mm]:	Off		Hub immersion:	0,9091	[I/D]
Ducted prop corr:	Off		Engine/gear		
Tunnel stem corr:	Off		Engine data:	D4-260	
Effective diam:	[m]		Rated RPM:	3200	RPM
Recess depth:	[m]		Rated power:	192,0	kW
System analysis			Gear efficiency:	1,00	
Cavitation criteria:		Keller eqn	Gear ratio:	2,579	
Analysis type:		Free run	Shaft efficiency:	0,97	
CPP method:		Fixed RPM	Propeller options		
Engine RPM:			Oblique angle corr:	Off	
Mass multiplier:			Shaft angle to WL:	0,00	deg
RPM constraint:			Added rise of run:	0,00	deg
Limit [RPM/s]:			Propeller cup:	0,0	mm
			KTQ corrections:	Standard	
			Scale correction:	Full ITTC	
			KT multiplier:	1,00	
			KQ multiplier:	1,00	
			Blade T/C [0.7R]:	Standard	
			Roughness:	Standard	mm
			Cav breakdown:	Off	
			Nozzle L/D:	Standard	

Type	Task
<input type="checkbox"/>	Right-click to add a task...

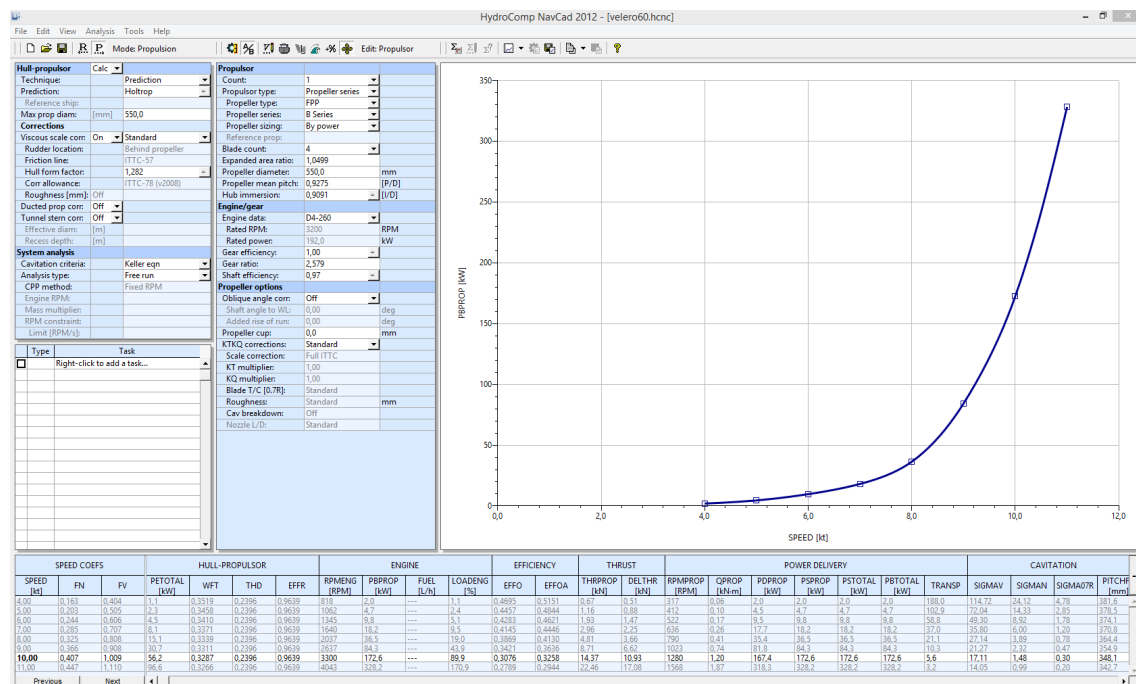


Figura 14-15-16. Datos salida NavCad dimensionamiento por potencia

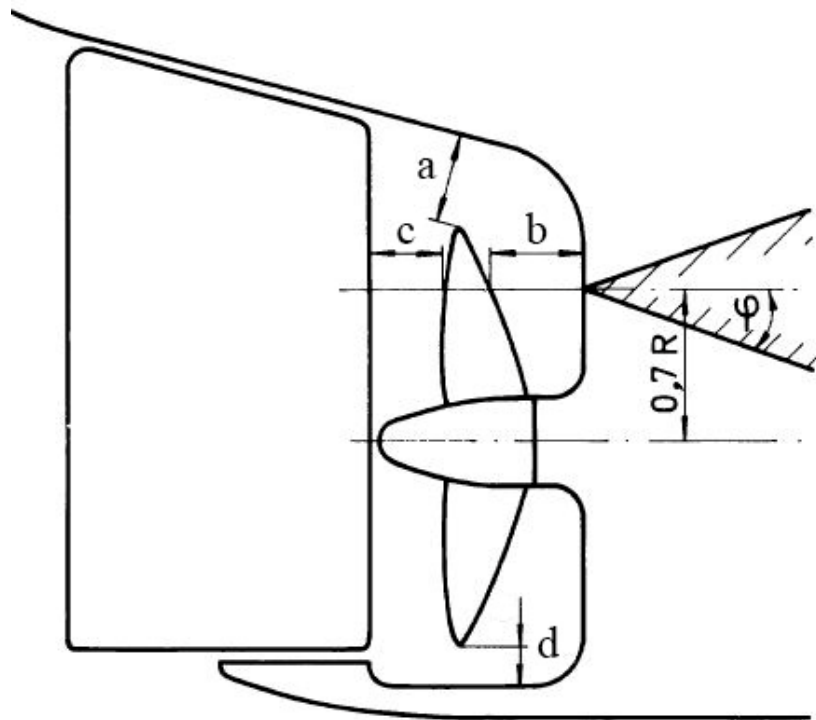
Los resultados del calculo se presenta en el ANEXO

Y podemos resumirlos en la siguiente tabla:

Nº PALAS	RENDIMIENTO	DIAMETRO	PITCH	Ad/Ao
4	0,33%	550 mm	510 mm	1,050

2.3 Claras del propulsor

Para el caso de buques de una hélice, las claras mínimas exigidas por la sociedad de clasificación Bureau Veritas son las siguientes:



donde:

$$a = A * f * D$$

$$b = 1,5 * a$$

$$c = 0,12 * D$$

$$d = 0,03 * D$$

A un coeficiente que toma los valores respectivos de 0,8; 0,65; 0,55 y 0,5 cuando el número de palas de la hélices es 3, 4 5 y 6, respectivamente.

f factor que toma el valor de:

$$f = \frac{(C_B * BHP)^{2/3}}{B * L_{PP}} = \frac{(0,416 * 191/0,746)^{2/3}}{4,89 * 16,312} = 0,28$$

D diámetro propulsor

$$a = A * f * D = 0,65 * 0,28 * 550 = 100 \text{ mm}$$

$$b = 1,5 * a = 1,5 * 100 = 150 \text{ mm}$$

$$c = 0,12 * D = 0,12 * 550 = 66 \text{ mm}$$

$d = 0,03 * D = 0$, en mi proyecto no existe codaste en si que soporte la mecha del timón por la parte baja.

	Mínimo requerido	Valor real	
a	100	118	OK
b	150	596	OK
c	66	901	OK
d	0	0	OK

Cumplimos con lo requerido en la sociedad de clasificación para las claras del propulsor
En el ANEXO se presenta un plano de situación y valores.

3 Propulsión a vela.

Mediante un modelo desarrollado por G. Hazen se va a realizar el cálculo de las dimensiones de la vela y de la sustentación que va a producir la vela en función de la velocidad y dirección del viento. Por último, como criterio de evaluación de la solución obtenida, se presentarán los resultados de un programa de predicción de velocidad.

4 Formas y dimensiones del plano vélico

Como ya hemos visto la dimensión de los apéndices esta íntimamente relacionado con la superficie vélica.

4.1 Introducción

La especificación de proyecto, nos condiciona el mismo a un solo mástil o aparejo sloop. De forma general en este tipo de barcos hablaremos de tres grupos de velas:

- velas de proa (relingadas)
- la mayor
- velas portantes

Es importante definir los parámetros que definen la superficie de los triángulos de la vela:

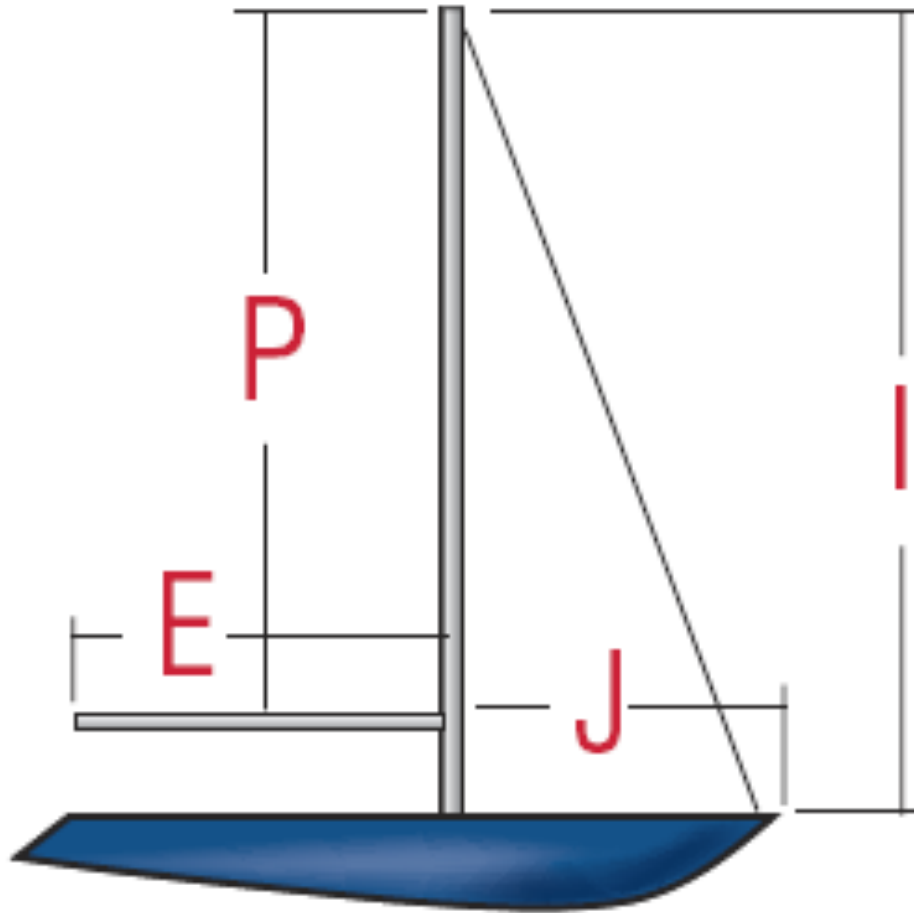


Figura 17. Esquema principales medidas

I: Altura de izado del génova

J: Base del triangulo de proa, es decir, distancia medida horizontalmente del arraigo del stay hasta la cara de proa del mástil.

E: Longitud del pujamen de la mayor, es decir, distancia desde el palo hasta el puño de escota de la mayor, en el extremo de popa de la botavara.

P: Altura de izado de la mayor, es decir, distancia desde la botavara al puño de driza de la mayor una vez izada

BAS: Altura de la botavara sobre la línea de cinta

Se definirá como vela de proa toda aquella vela que estando relingada por su gratil, es izada a proa del palo. En función del solapamiento con la mayor, hablaremos de foques

si el solapamiento llega hasta un 110% (velas normalmente reforzadas por sables) o de génovas si sobrepasan ese porcentaje.

Entre ese grupo de velas, se encuentra el tormentín, que debido a que se utilizara en condiciones muy extremas de viento se trata de una vela de dimensiones muy reducidas y de un espesor considerable.

Respecto a la mayor, se trata de una vela que llevaba a sus dimensiones optimas, tendrá poco juego en lo que se refiere a variaciones de diseño. Tendremos que tener que se trata de una vela reforzada por sables, pudiendo ser estos forzados o libres. Si la mayor tiene todos los sables forzados estaremos ante una mayor full batten, pero en nuestro tipo de barcos lo normal es que sea forzado únicamente el sable mas alto.

Respecto a la mayor, por solo llevar una a bordo (y no varias de diferentes tamaños como ocurre con los foques y génovas), según necesite reducir el trapo, puedo ir usando un sistema de rizos, y cuando las condiciones sean muy extremas recurriré a la mayor de capa, que a igual que el tormentín, se trata de una vela de dimensiones muy pequeñas y muy gruesa, y sin sables, que se usara en condiciones extremas de viento. Finalmente están las velas portantes, siendo mas correcto llamarlas velas no relingadas, ya que algunas de ellas como el CODIGO CERO, se pueden a usar en ángulos de viento aparente de 60 grados. En esta categoría tendremos velas simétricas o spis, velas asimétricas (incluye el código cero)

4.2 Tipo de aparejo.

Existen muchos tipos de configuraciones, pero las más comunes son el aparejo tipo Sloop o balandro (un solo palo) y aparejo tipo Ketch (dos palos, mayor y mesana). Cada configuración es recomendada para cada tipo de navegación de la embarcación, ya que afecta a la facilidad de manejo de la superficie vélica, a su complejidad de trimado (regulación), maniobras y al efecto en la estabilidad.

-Aparejo tipo Sloop: Se trata de la configuración más común hoy en día. Existen dos versiones según si el stay de proa llega o no hasta el tope del palo.

a) *Aparejo Fraccionado*: Se denomina así a los aparejos cuyo stay de proa termina a una distancia por debajo del tope del palo. En función de la fracción del palo, se obtienen configuraciones de fraccionado de 7/8, 8/9,..etc.

El objetivo de este tipo de configuración es reducir el tamaño de la vela de proa, aumentando la vela mayor y permitiendo así una mayor rapidez en los bordos, al facilitar el paso de la vela de proa de una banda a otra. Además, al aumentar la superficie de la mayor, se obtiene más superficie efectiva cuando se navega con rumbos abiertos con spinnaker y mayor conjuntamente. Ésta configuración se emplea comúnmente en embarcaciones de regata y sobre todo en embarcaciones de vela ligera

b) *Aparejo a Tope*: Se emplea fundamentalmente en embarcaciones de crucero, donde los cambios de bordos no son tan frecuentes y es más conveniente el uso de una mayor más reducida, de manera que en caso de trasluchadas imprevistas el efecto sea menor.

Sin embargo, últimamente han aparecido versiones de embarcaciones de regatas con aparejo a tope, marcada dicha decisión para el mejoramiento del reglamento IMS.

También se está empleando cada vez más el aparejo a tope en embarcaciones crucero-regata.

-*Aparejo tipo Ketch*: La ventaja fundamental de este tipo de aparejo es la de poder repartir la superficie vélica en tres superficies más pequeñas, reduciéndose así la complejidad del manejo y permitiendo una mayor variedad de configuraciones. Esta siendo poco utilizado últimamente, como consecuencia de la tendencia de la moda.

Para el diseño se ha optado por el aparejo tipo Sloop fraccionado, aparte de ser el que mejor rendimiento tiene en regatas, es el que nuestros reglas indican sin ningún tipo de opción alternativa. He aquí las ventajas e inconvenientes de este aparejo:

Ventajas:

Posibilidad de largar un spinnaker de grandes dimensiones que, en condiciones de poco viento, suministra a la embarcación una gran propulsión.

Un buen vestuario de velas de proa. Esta configuración ayuda al corte que adquiere el foque, también tenemos la posibilidad de poner enrolladores a proa y a popa del estay para amurar velas.

Fácil manejo del trapo de proa, sobre todo con vientos fuertes.

Mínimo pandeo del mástil, al tener varios puntos de fijación a diversas alturas se evitará este problema frecuente en aparejos a tope.

Inconvenientes:

Regulación del mástil algo mas compleja que en otros aparejos ya que, al no estar soportado por el stay de proa en la parte mas alta, obenques y stay firmes no están cerca del tope del palo, por lo que habrá que contar con la tensión de ambos para que la curvatura que coja el mástil no sea lateral o invertida hacia proa. Ello dificulta la regulación de las velas en caso de no estar bien trimado (regulado) el palo.

Respecto a estos dos aspectos del diseño del barco, la pretensión será obtener la mayor superficie vélica y soportarla con una jarcia lo más esbelta posible para que influya lo mínimo en el flujo de aire alrededor de las velas. Con ello obtendremos la mayor velocidad con las menores pérdidas.

Se puede establecer unas ventajas e inconvenientes acerca del número de crucetas a utilizar y del tipo de apoyo del pie del mástil.

Ventajas del aumento del número de crucetas:

- Palo más delgado, lo que mejora la eficiencia de la vela mayor.
- Palo más ligero ya que disminuye el espesor de la pared.
- Ángulos de cazado de escota de foque más pequeños ya que las crucetas pueden ser más cortas.

Inconvenientes del aumento del número de crucetas:

- Palo más difícil de trimar.

- Se deben tomar medidas para cuidar la estabilidad longitudinal ya que aumenta el momento de inercia longitudinal.
- Estructura más cara.

Ventajas del palo apoyado en la quilla:

- Palo más delgado, lo que mejora la eficiencia de la velas.
- Palo más ligero ya que disminuye el espesor de la pared.
- Ángulos de caza de escota de foque más pequeños ya que las crucetas pueden ser más cortas.

Inconvenientes del palo apoyado en la quilla:

- Palo más difícil de trimar.
- Altas fuerzas horizontales a la altura de la cubierta (por donde la atraviesa).
- Posible entrada de agua por la cubierta.

Una vez definidas las ventajas e inconvenientes del número de crucetas y de la posición del palo se determina que la embarcación que el palo estará apoyado en a quilla y se usará una disposición de tres pares de crucetas.

Nos basamos sobre todo en que las ventajas de estos dos aspectos de diseño son mucho más acordes al tipo de barco que estamos diseñando. Por lo que buscamos la reducción de peso y las configuraciones que nos permitan sacarle el mayor rendimiento a nuestras velas como las ventajas por encima de las demás.

4.2.1 Aparejo

Podremos apoyarnos en el análisis de las reglas de clase del barco similar Swan 60 y sus requisitos, con la premisa de tener una idea base de lo que está permitido o no en el aparejo.

En las reglas define el barco como un sloop de aparejo fraccionado (algo que ya comentamos antes).

El vocablo español que equivale a sloop es balandra. Es un buque de vela cuyo plano vélico se dispone en el plano de crujía (fore-and-aft rig) con un único mástil situado más a proa que el de un cutter. La posición del palo hace que a diferencia del cutter, la sloop no tenga botalón fijo: su stay de proa se arraiga en el extremo de la roda y el botalón puede ser retráctil, lo cual históricamente tenía como ventajas resultar manejable en puertos muy concurridos y facilitar la estiba del foque en condiciones de viento duro.

Esta una definición histórica tiene como implicación práctica actualmente que el yate tiene un único mástil.

Esta definición vuelve a ser histórica, cuando existían otros tipos de velas, como las cangrejas cuadradas, pero en la actualidad se refiere a que el aparejo sea el habitual en los barcos de vela modernos.

Además establece unas obligaciones y prohibiciones en el diseño del dicho aparejo.

Las principales obligaciones que establece son:

- Durante toda su longitud el mástil será liso, sin huecos y de sección continua entre la coz y el punto alto de medición de IG.
- Cuando se utilice fibra de carbono en la construcción de cualquier aparejo, únicamente podrá ser carbono de Alta Resistencia como se define en la IMS Regulation 1B y las paredes del aparejo no serán de construcción sándwich.
- El mástil tendrá mínimo tres pisos de crucetas, retrasados un ángulo de al menos 15 grados.
- Se permiten tangones.



Figura 18 Mástil con tres pisos de crucetas

Por otro lado, los elementos no permitidos son:

- Patines (outriggers)
- Violines (Jumper struts and stays).
- Crucetas curvas.
- Botalones (la normativa cambio con respecto a esto en la actualidad)
- Mordazas en el tope del palo.

Vamos a clarificar todos estos elementos no permitidos para no incorporarlos al diseño, ya que se utilizan en embarcaciones de competición específicas y no son recomendables para todo tipos de barcos.

Los outriggers o patines son pequeños cascos separados del casco del yate que le confieren mayor estabilidad ya que cuando se sumergen parcialmente por efecto de la escora su empuje separado del centro de gravedad del barco genera un momento adrizante. No son habituales en monocascos de competición. Podemos ver un proyecto con outriggers en la figura 19

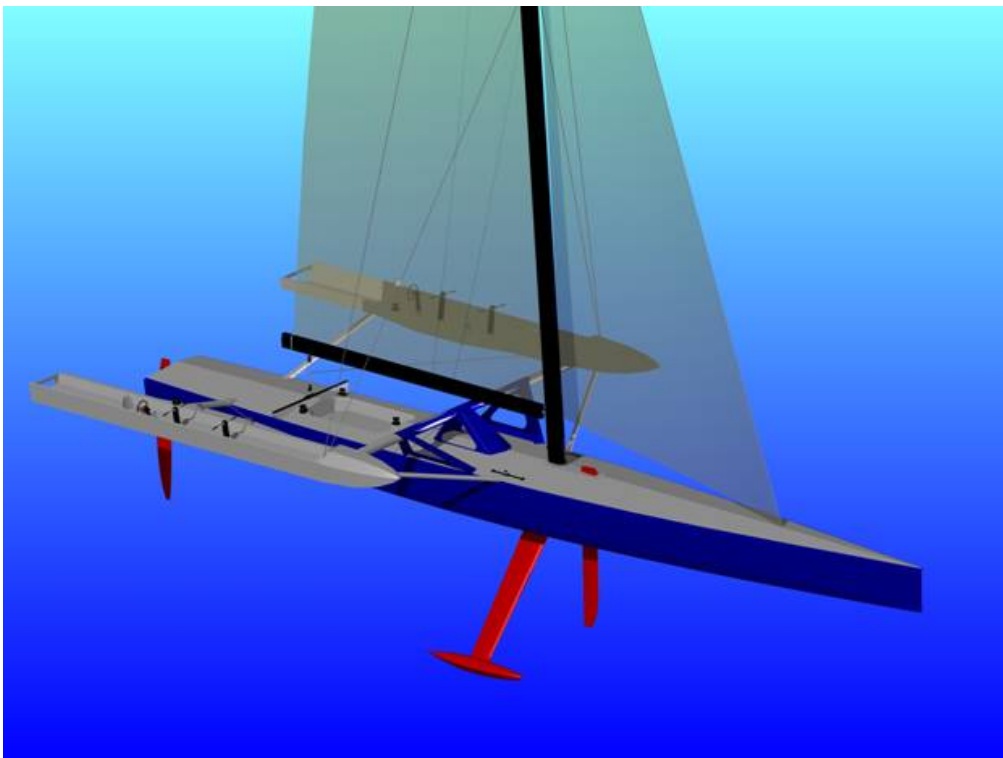


Figura 19 Outriggers en modelo 3D

Los violines son un piso de crucetas cuyos obenques se vuelven a arraigar al palo inmediatamente debajo de él. Sirven para controlar la deformación en la parte alta del mástil. Con ese propósito las crucetas pueden estar en el plano transversal al palo, o adelantadas o retrasadas respecto de él.



Figura 20 – Violines en Copa América

Las crucetas curvas fueron muy habituales en los IMS 500 y 600 en sus últimas temporadas en el Circuito Español de Alto Nivel porque permiten evitar interferencias con la baluma del foque de modo que para crucetas retrasadas un mismo ángulo, permiten cazar más hacia cruzía un foque más grande, entendiendo por más grande un foque o génova con las cadenas más largas. En la figura 20 podemos ver crucetas curvas en la unidad Forum Filatélico de 2004.

El fin de prohibir los violines y las crucetas curvas es principalmente el de reducir costes, ya que una mayor normalización de las piezas en todas las unidades hace que resulten más económicas, y también que resulte más fácil conseguir repuestos. Esto último es importante ya que las roturas de palo son una de las averías más traumáticas que puede sufrir un barco de competición porque es uno de los fallos con un tiempo de

reparación o sustitución más largo. Recordemos que estos barcos compiten en un circuito, con lo cual si no acuden a alguna de las pruebas no puntúan, y pierden puestos respecto a otros barcos que sin ser mejores sí han tomado parte en la competición.



Figura 21. – Crucetas curvas en IMS 600 Forum Filatelico

En cuanto al botalón, sería redundante con el tangón, ya que éste segundo permite no sólo utilizar gennaker, si no también spinnaker simétrico. En la actualidad se esta introduciendo el botalón en la clase sobre todo en competiciones ORC para facilitar las maniobras y reducir la tripulación.



Figura 22. Botalón fijo de un velero

El último elemento no permitido son las mordazas a tope de palo. Estas mordazas sujetan la vela una vez izada de modo que la driza no tiene que soportar cargas dinámicas durante la navegación, y por ello puede ser un cabo de menor diámetro y, por tanto, peso. Otra de sus ventajas es que el puño de driza de la mayor siempre se encuentra a la altura de la marca de P, independientemente de las deformaciones del palo.

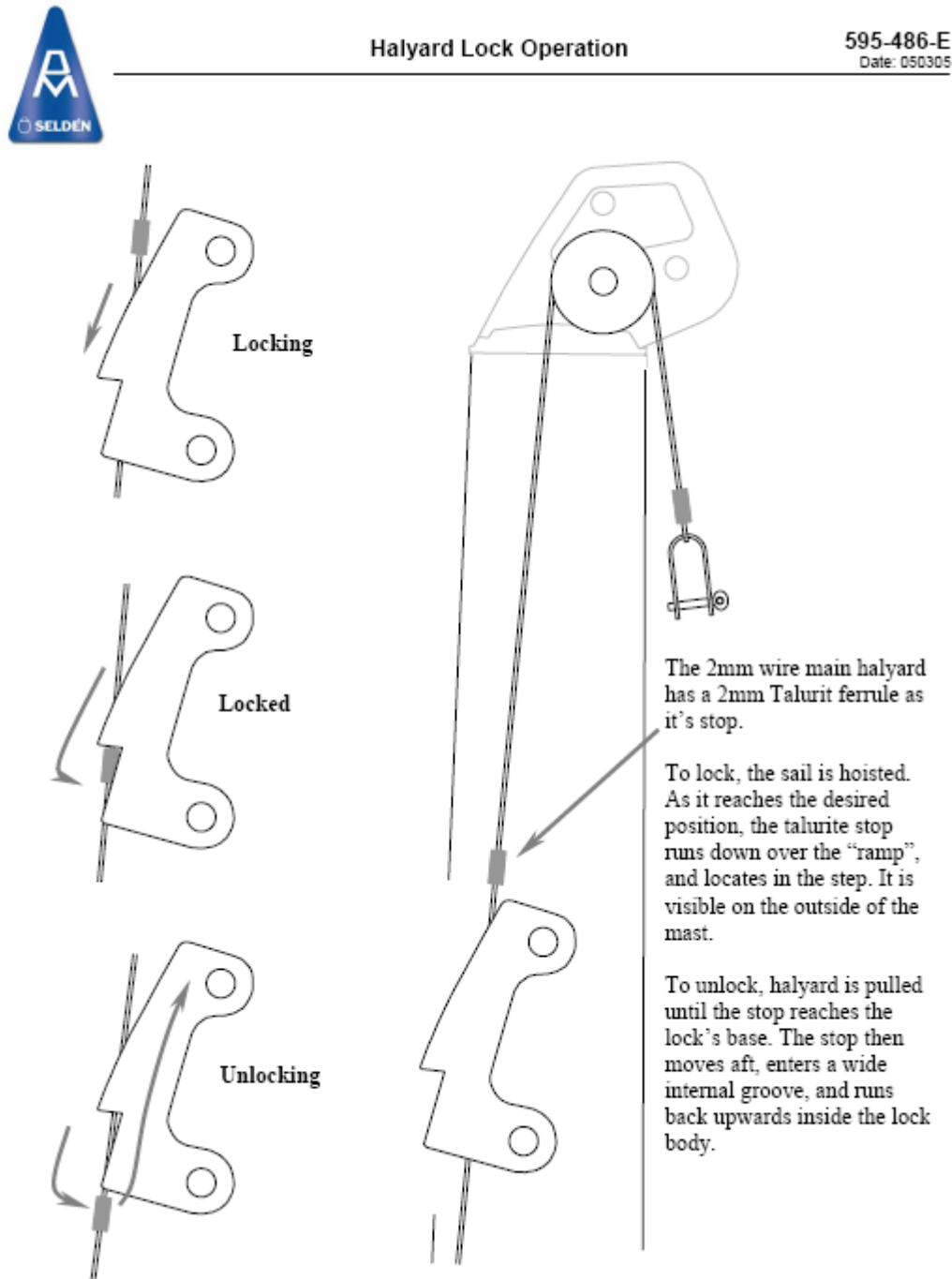


Figura 23 – Mordazas a tope de palo Seldén

Una vez más la reducción de costes es la causa más probable de esta regla de clase.

Sigamos pues analizando las reglas de clase que atañen al aparejo. Las reglas se refieren a la jarcia fija. Excepto el backstay permanente, toda la jarcia fija será de varilla o cable trenzado de acero inoxidable. No se permite titanio para ningún propósito.

El backstay será único y permanente y puede ser de acero inoxidable o hecho con fibras sintéticas. Puede ser ajustable, pero desde el punto alto de anclaje del backstay habrá una única línea, de longitud no inferior a P(definida posteriormente), siendo la intención de esta regla el evitar configuraciones que intenten simular dobles backstays (fuera de las competiciones en clase es lo común). Por debajo del final inferior de esta parte, la configuración del backstay es libre, excepto que el punto de anclaje fijo de esa configuración no estará más alto que 200 mm por encima de la cubierta de trabajo.

Se entiende por “punto de anclaje fijo” cualquier punto donde esté unida una polea o el final de cualquier cabo destinado a regular el backstay. Cuando esté en tensión, el backstay formará una línea recta entre el tope del palo y los puntos de anclaje fijo inferiores. El centro de cualquier punto de anclaje fijo inferior no estará por encima de un plano horizontal que se establece a 0.8 m de la línea de flotación en trimado de medición.

Los backstays pre-flexados y/o cualquier otro sistema para incrementar de forma artificial la distancia entre la línea recta de backstay y la baluma de la mayor no están permitidos, a excepción de los sables blandos (flippers).

En cuanto al stay de proa, no se permiten medios para ajustar la tensión del stay durante la regata excepto el ajuste del backstay. Cualquier dispositivo para relingar el foque al stay no excederá el máximo FSP y no incorporará fibra de carbono en su construcción.

4.2.2 Mástil

El palo se define mediante las características geométricas del perfil MDL1, MDT1, MDL2 y MDT2; peso y centro de gravedad característico del mástil concreto en función de su aparamenta MWT y MCG; la longitud del conificado TL; la longitud de la perilla GOA y la anchura entre cadenotes CPW.

MDT1 y MDL1 (Maximum Transverse Dimension of Mainmast y Maximum Longitudinal Dimension of Mainmast) son las máximas dimensiones transversal y longitudinal del perfil del palo por encima de 0,5P. MDT2 y MDL2 (Upper Transverse Dimension of Mainmast y Upper Longitudinal Dimension of Mainmast) son las máximas dimensiones transversal y longitudinal del perfil en una sección situada por debajo de la marca alta de P. En la figura 7.1.2.1 podemos ver un detalle del segundo diagrama de medición de las reglas de clase donde amplía la sección del mástil con estas medidas.

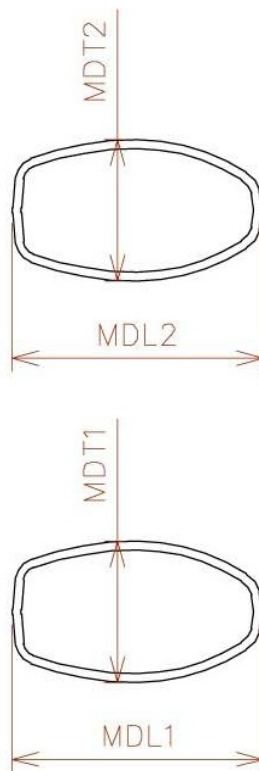


Figura 24. – Medidas de las secciones del mástil

Los siguientes parámetros definitorios son MWT (Mast Weight – Peso del Mástil) y MCG (Mast VCG height above boom – Altura del centro de gravedad del mástil por encima de la botavara). Estas medidas, son especialmente interesantes en los mástiles de carbono. Esto es así porque resulta viable modificar los laminados o introducir insertos de distintos pesos que infrinjan la regla que obliga a que la sección del palo sea continua, sin resultar visibles.

MWT se halla pesando el mástil mediante una célula de carga y MCG se halla suspendiendo el palo mediante una grúa. En estas pruebas junto al mástil se incluyen la jarcia fija, crucetas, luces, antenas, cableado, stays y herrajes permanentes incluidos los tensores cuyo ajuste no está permitido en regata.

No se incluyen en esta medición la jarcia de labor, aparejos de regulación de la jarcia, trapa de la botavara y aparejo de toma de rizos. Pueden usarse mensajeros de drizas de diámetro no mayor a 4mm y peso no superior a 15 g/m.

Los cables y mensajeros se tensarán hacia abajo con los chicotes colgando de la base del palo. Por último los patines, herraje del tangón y cualquier otro elemento ajustable se encontrará en su posición más baja.

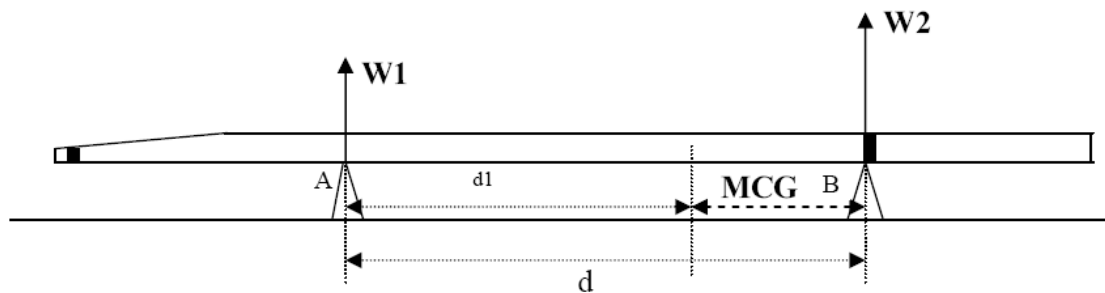


Figura 25. – Determinación de MCG

$$MCG = W1 * d / MWT \text{ (m)}$$

4.2.3 Justificación medidas mástil

Con todos los datos que tenemos y conocidos nuestros límites establecidos por la eslora, nos falta decidir unas medidas para nuestro mástil.

Como la tendencia a lo largo de la evolución del diseño de los veleros rapidos ha sido llegar a los límites mínimos en cuanto a espesores y pesos, nos basaremos en un palo fabricado por el astillero Longitud 0 de Castellón para un SOLARIS ONE 60 para tener como medidas que nos sirvan de base, ya que comparten eslora.

BOAT							
Name		ITALIAN JOB III		Sail Nr		GBR1895R	
File		(0)		Data in		meters/kilograms	
RIG							
Forestay Tension		Aft		Spreaders		3	
Inner Stay		None Fitted		Runners		0	
Carbon Mast		Yes		Jumper Struts		None	
Taper Hollows		No		Jib Furler		Yes	
Fiber Rigging		No		Main Furler		No	
Lenticular Rigging		No		Without Backstay		No	
Articulated Bowsprit		No					
P	25,800	E	8,520	MDT1	0,170	MW	0,350
IG	26,120	J	7,185	MDL1	0,350	GO	0,360
ISP	28,220	SFJ	0,635	MDT2	0,170	BD	0,430
BAS	2,070	SPL	0,000	MDL2	0,250	MWT	
FSP	0,100	TPS	7,595	TL	1,800	MCG	

Figura 26. Medidas base del mástil

4.3 Diseño del plano velico.

A la hora de determinar la configuración del plano vélico es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- Estabilidad de la embarcación. Este factor limitará la altura del centro de presión vélica.
- Resistencia de la embarcación. Este factor marcará la fuerza propulsora aerodinámica necesaria para navegar a una determinada velocidad.

- Zona de navegación. Cuando la zona en la que va a navegar la embarcación tiene características especiales de vientos fuertes o flojos, la superficie vélica podrá disminuir o aumentar para mantener la misma fuerza propulsora.

Por otro lado, ya que cuando se navega en rumbos menores a 100° con respecto al viento, el plano vélico se comporta como un perfil aerodinámico generando fuerza de sustentación, hemos de tener en cuenta el efecto que la relación de aspecto de las velas tiene en el coeficiente de sustentación, en la fuerza de sustentación y consecuentemente en la fuerza aerodinámica propulsora. Con lo cual, como lo que se pretende es diseñar una embarcación que tenga un buen rendimiento en ceñida es necesario dotar a las velas de una alta relación de aspecto, sabiendo que esto traerá consigo una elevación del centro de presión vélica, y consecuentemente un aumento del efecto escorante provocado por la fuerza aerodinámica lateral, siendo necesario dotar a la embarcación de más estabilidad.

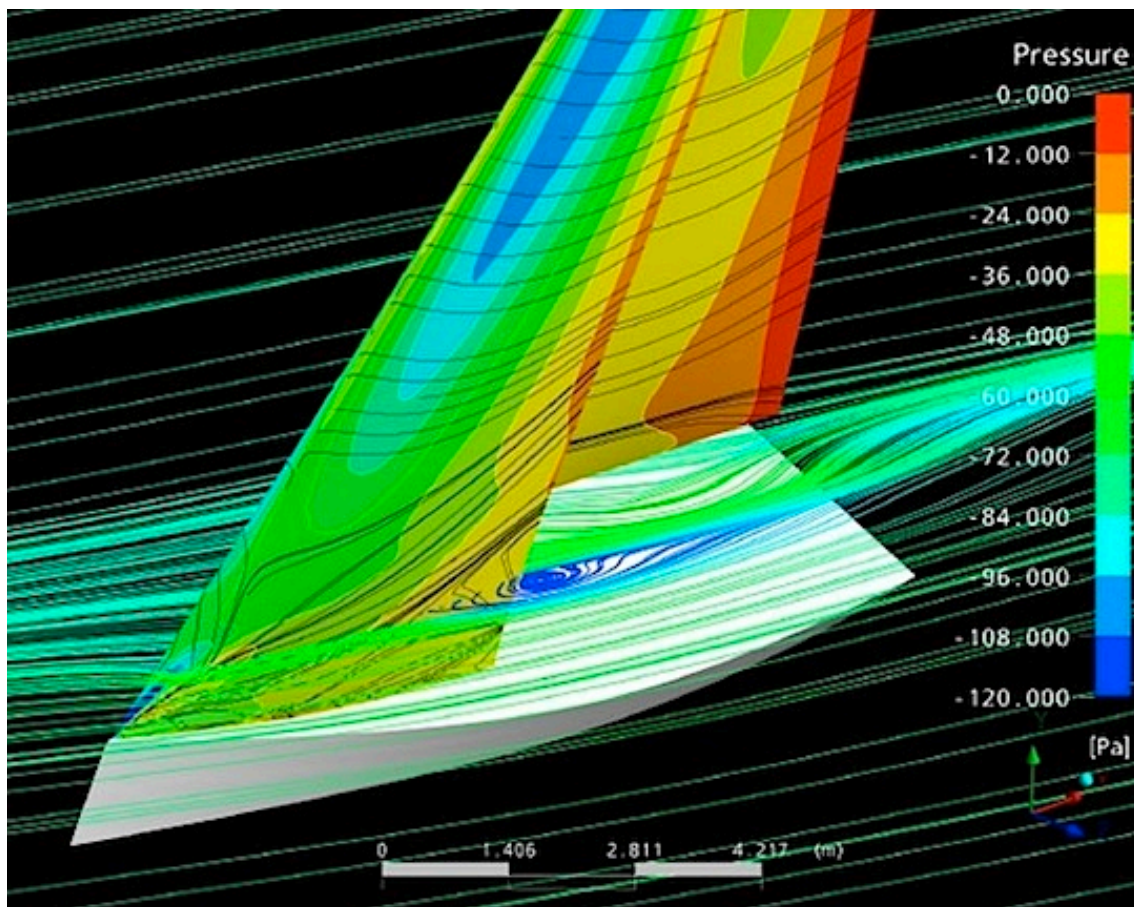


Figura 27 Presiones sobre el plano velico en el rumbo de ceñida

Dado que el rumbo más crítico para el buen diseño del plano vélico es el de ceñida, en el cual el viento real entra por la amura del barco formando un ángulo de aproximadamente 45° con el plano de crujía y las velas forman un ángulo de aproximadamente 30° con el mismo plano, a la hora de estudiar la superficie vélica necesaria se utiliza el concepto de superficie vélica en ceñida la cual es la suma de las superficies de la vela mayor y la de proa.

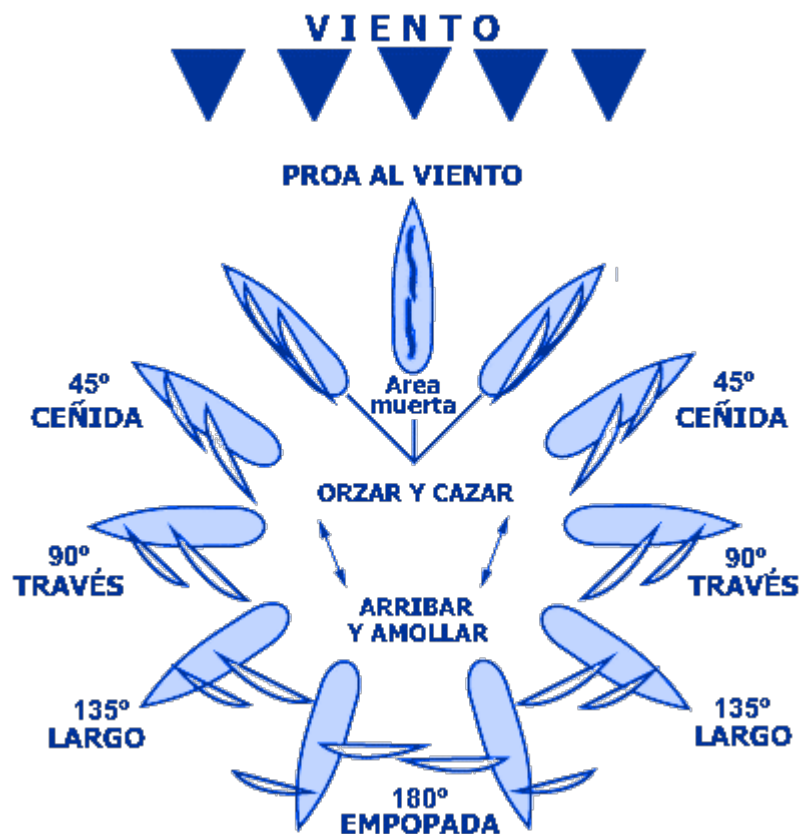


Figura 28 Esquema de los rumbos en que un barco puede navegar con el viento

En el primer cuaderno, nos daba una superficie vélica aproximada a 202 m^2 , sabes repartiremos entre la vela mayor y la vela de proa. Según Larsson, en su libro "PYD", la relación entre la vela de proa y la mayor es 52/48, según esto ya obtenemos una primera relación de áreas:

- Área de la mayor: 105 m^2
- Área del foque: 97 m^2

Una buena proporción de áreas según la contracción y diseño que se hacen en la actualidad de las velas quizás era un mayor mas grande y un foque más pequeño, aproximándose más:

- Área de la mayor: 115 m²
- Área del foque: 87 m²

Que podría presentarse en una buena disposición de I, J, P y E, de la siguiente forma:

I: 24,75 m

J: 7,05 m

P: 24,40m

E: 8,00 m

Una formula que se suele usar de comprobación es que el área del foque es casi un triangulo por tanto el área del foque es:

$$S_{foque} = \frac{I \times J}{2} = \frac{24.75 \cdot 7.05}{2} \cong 87m^2$$

Viendo que las proporciones son validas tomaremos como dimensiones de trabajo:

I (m)	J (m)	P (m)	E (m)	S _{foque} (m ²)	S _{mayor} (m ²)
24,75	7,05	24,40	8,00	87	115

3.2.1 Génova

Ya se había comentado en la introducción que definíamos como génova, aquella vela que al ser totalmente izada sobrepase un solapamiento con la mayor de un 110% en términos generales, aunque en la realidad, bastará con que la relación J (distancia entre el arraigo del stay y la proa del palo) con LP (medida por la perpendicular al gratil desde el puño de escota) sea superior a 107%

La configuración y elección de velas de proa es algo muy complicado, podemos optar por una vela para cada rango, así estaríamos hablando de génova ligero y génova medio, para velas de poco viento, en la que estaríamos en un 150%, pero en esta

misma configuración podríamos optar por un génova ligero-medio, que es menos eficaz con poco viento, pero sin embargo estamos alargando su rango de utilización.

Cuando aumenta el viento ya podemos hablar de un pesado, que es una vela con un rango largo, y podríamos pensar en un foque 2, aunque esa vela se considera para unas condiciones muy estables en una intensidad muy concreta, siendo la elección de muchos armadores la de no contar con este foque y pasar del pesado al tres, cuando el primero esta pasado de rango.

Y por ultimo para condiciones muy duras se suele llevar un foque 4, a mayores del tormentín, como ya habíamos comentado.

Presentamos esta tabla como orientación de las dimensiones del foque:

GÉNOVA	LIGERO	150%	- VIENTO +
	MEDIO	150%	
	PESADO	140%	
	2	140%	
	3	135%*	
	4	110%*	



Figura 29. Dimensiones foque

Con toda esta información queda que la dimensión de un génova estará cerca de:

$$S_{genova} \cong 130,5m^2$$

De forma que : $LP = (150\%J) = 10,58m$

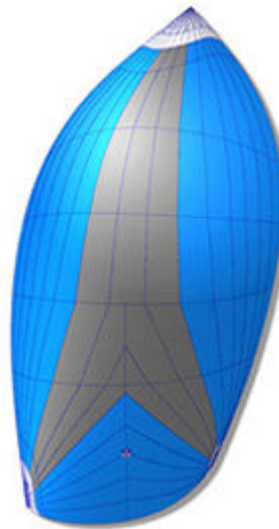
3.2.2 Velas portantes

En este tipo de velas, hay dos caminos a elegir, y solo dependerán de las preferencias y usos que vaya a tener el armador del barco.

Podemos diferenciar en Spinnaker simétricos o en Spinnaker asimétricos



Spinnaker simétrico tradicional



Spinnaker asimétrico



Figura 30. Spi Asimétrico



Figura 31. Spis simétricos

Podemos presentar un gráfico en el que se estudiarán tipos de Spis, según sus gramajes (desde muy ligeros hasta muy pesados) y según sus formas, soportaran mejor ciertos ángulos (AWA= ángulo de viento aparente) y ciertas intensidades de viento, véase:

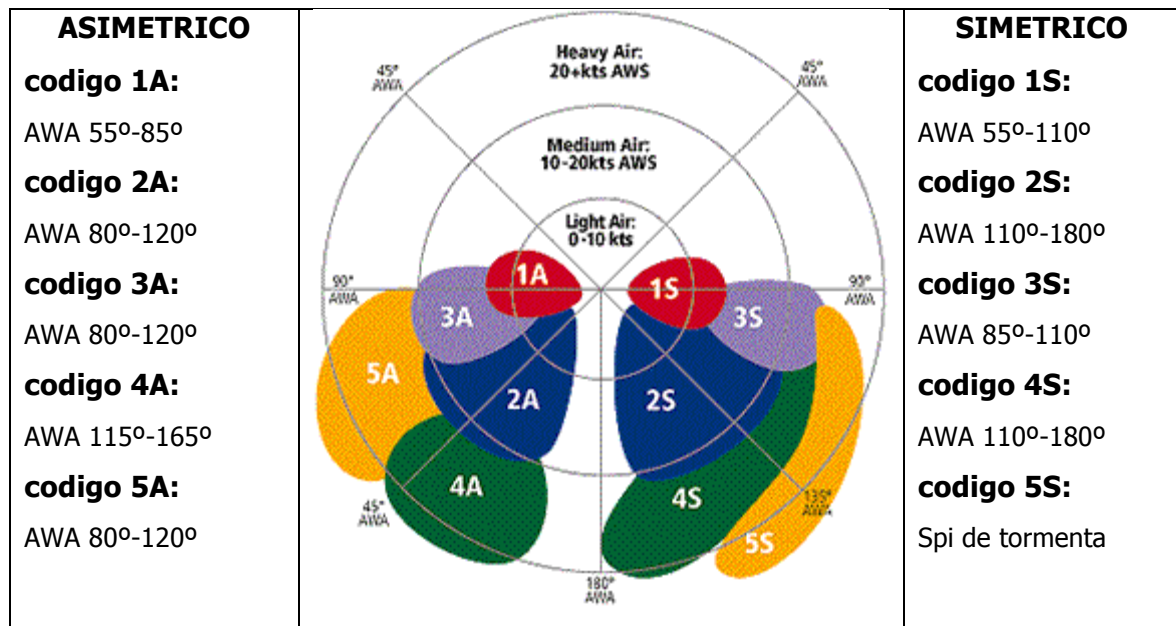


Figura 32. Tabla de vela adecuada según rumbo

Para nuestra eslora y teniendo en cuenta las superficies de Spi, de barcos de misma eslora y parecida superficie vélica, vamos a considerar:

$$S_{spinnaker} \cong 310m^2$$

3.2.3 Dimensiones finales

Como resumen se introduce la siguiente tabla con los resultados obtenidos de los cálculos de los distintos elementos del plano vélico.

Plano vélico		Vela		Área
P:	24,40 m	Mayor		115 m ²
E:	8,00 m	Foque		87 m ²
I:	24,75 m	Génova		130 m ²
J:	7,05 m	Spinnaker		320 m ²
BAS:	2,17 m			
LP:	10,58 m			

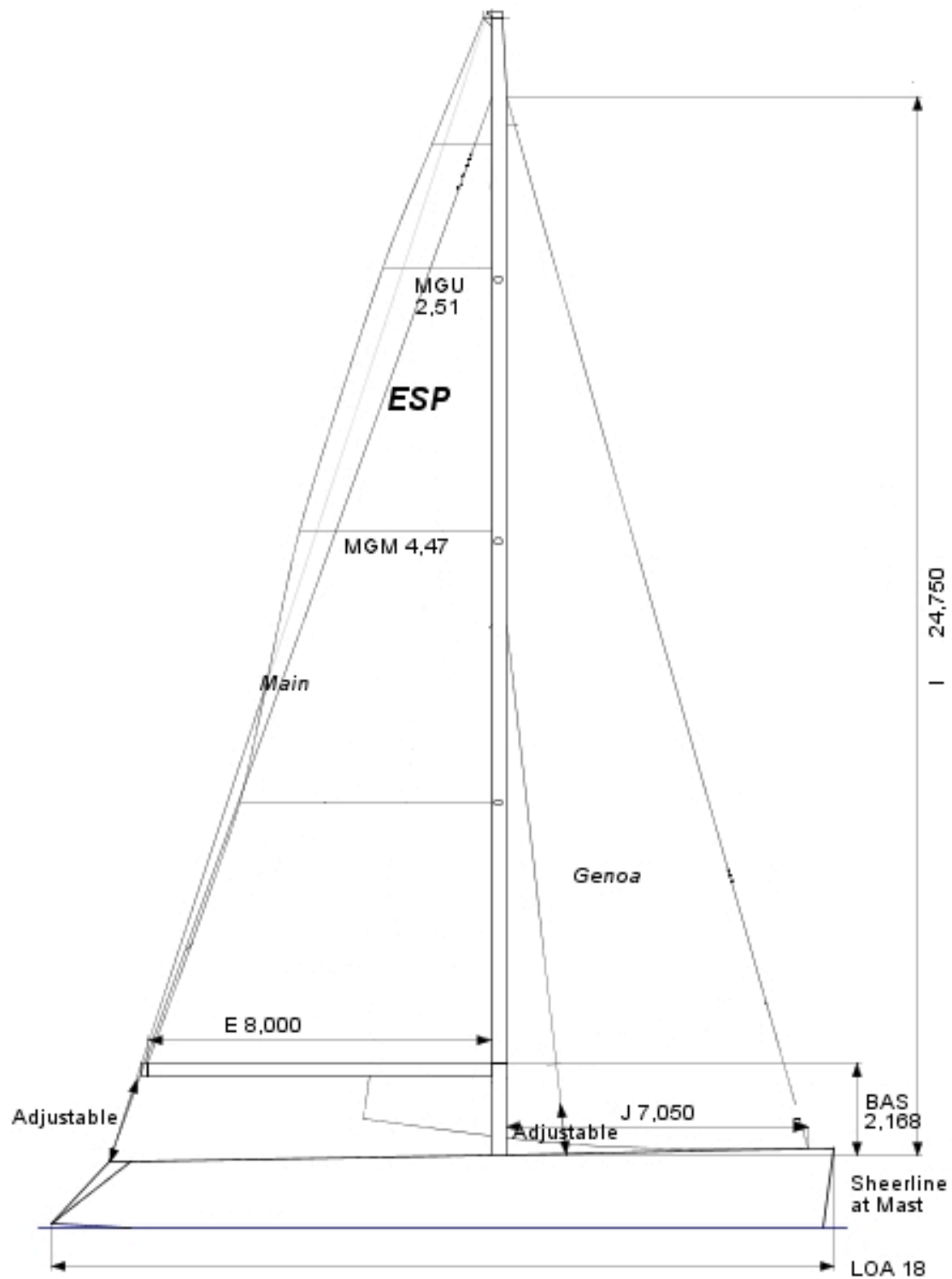


Figura 33. Esquema con medidas más importantes de las velas

4.4 Coeficientes

El centro de empujes de la vela se encuentra en el centro geométrico de los dos triángulos. Si se toman las medidas desde el punto más a proa de la cubierta, se llega a:

X (De Pr a Pp)	7 m.
Y (Desde Crujía)	0 m.
Z	8.1 m.

Para obtener los coeficientes de sustentación y de resistencia de toda la vela se parte de unos coeficientes empíricos que nos proporciona el programa PatchTimx de diseño de velas, en función del tipo de vela y del ángulo de ataque del viento:

Coeficientes de sustentación.

Ángulo	Mayor (C_{LM})	Génova (C_{LJ})	Spi (C_{LS})
27	1.5	1.5	0
50	1.5	0.5	1.5
80	0.95	0.3	1
100	0.85	0	0.85
180	0	0	0

Coeficientes de resistencia. (Viscosa)

Ángulo	Mayor (C_{DM})	Génova (C_{DJ})	Spi (C_{DS})
27	0.02	0.02	0
50	0.15	0.25	0.25
80	0.8	0.15	0.9
100	1	0	1.2
180	0.9	0	0.66

Los coeficientes de sustentación y de resistencia de toda la vela son:

$$C_L = \frac{C_{LM} \cdot A_M + C_{LJ} \cdot A_J}{A_N}$$

$$C_{DP} = \frac{C_{DPM} \cdot A_M + C_{DPJ} \cdot A_J}{A_N}$$

$$C_{DI} = C_L^2 \left(\frac{1}{\pi \cdot AR} + 0.005 \right)$$

$$C_{DO} = 1.13 \frac{(B_{\max} \cdot FA) + (EHM \cdot EMDC)}{A_N}$$

$$C_D = C_{DP} + C_{DI} + C_{DO}$$

para,

C_{DP} : Coeficiente de resistencia viscosa.

C_{DI} : Coeficiente de resistencia inducida.

C_{DO} : Coeficiente de resistencia del mástil.

FA: Francobordo.

EHM: Altura del mástil sobre la cubierta.

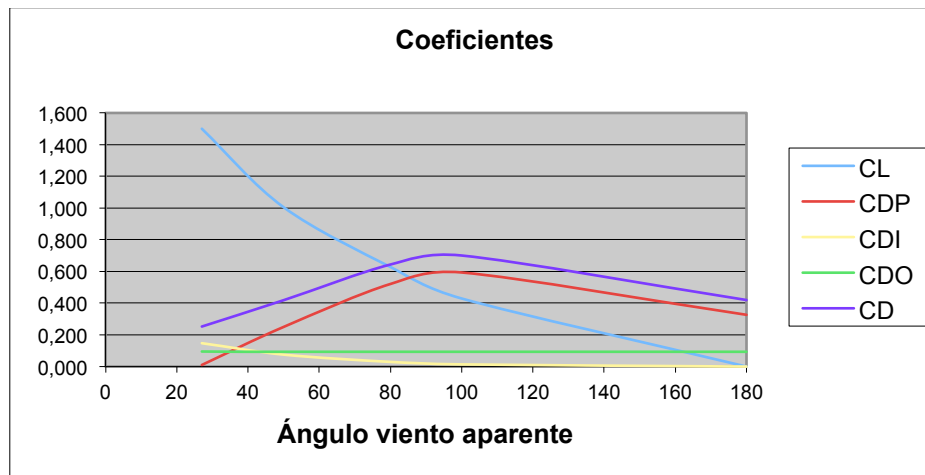
EMDC: Diámetro medio del mástil.

AR: Relación de aspecto. Para rumbos cerrados: $AR = \frac{(1.1 \cdot (EHM + FA))^2}{A_N}$

Para otros rumbos: $AR = \frac{(1.1 \cdot EHM)^2}{A_N}$

Todo esto se presenta en la siguiente tabla:

Ángulo	CL (Sustentación)	CDP (Res. Viscosa)	CDI (Res. Inducida)	CDO (Res. Mástil)	CD (Total)
27	1.500	0.010	0.149	0.093	0.252
50	1.005	0.250	0.075	0.093	0.419
80	0.628	0.521	0.029	0.093	0.644
100	0.430	0.594	0.014	0.093	0.701
180	0.000	0.327	0.000	0.093	0.420



4.5 Predicción de velocidad a vela.

Cuando se habla de predicciones de velocidad a vela, los datos se presentan en una grafica o una tabla, llamada tabla de polares. Las polares del barco no es más que las predicciones de velocidad del barco en una condición de viento y un rumbo determinado. Son predicciones que no cuentan con estudios de condiciones externas al barco, es decir, nuestro velero se podrá acelerar por encima de las polares o decelerar por debajo de ellas debido a factores externos. Podrá superar estas polares planeando una ola, o con “pumping” con las velas (remar desplazándolas hacia donde viene el viento); y por el contrario podrá decelerarse por efecto de corrientes o algas que incidan en el casco y que lo frenen.

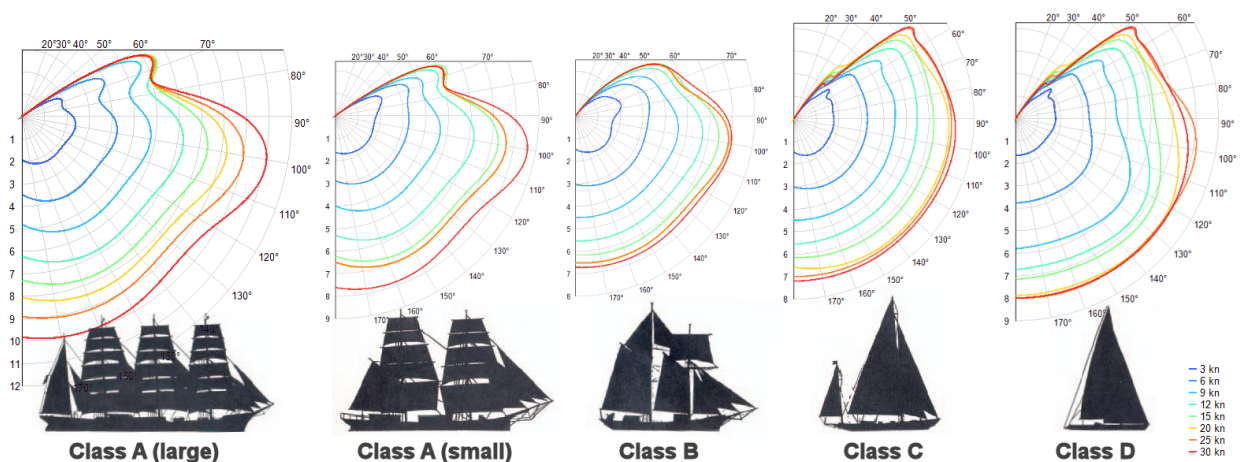


Figura 34 Polares de diferentes barcos a lo largo del tiempo

La figura anterior nos muestra la evolución de velocidades de los barcos a lo largo del tiempo.

Así, se puede ver que un buque class A con sus decenas de velas alcanzaba velocidades no muy por encima de las que un barco class D puede alcanzar con vela Mayor y foque. Otro detalle importante es resaltar la pérdida de velocidades de los primeros barcos a medida que nos acercábamos al viento, siendo su rumbo límite al viento un 70° . En la actualidad se ha avanzado por conseguir un ángulo de ceñida al viento cada vez más pequeño para “aproximarse” cada vez mas al vector que forma el viento, y es usual que los barcos como el de nuestro proyecto puedan hacer una ceñida de 30° con el viento si las condiciones le son favorables.

Span

Para el cálculo de las polares y la resistencia al avance del caso del proyecto se ha utilizado el programa Span, que es un VPP (Velocity Prediction Program), un programa informático de predicción de velocidad, en conjunto con el soporte del diseño de la carena y apéndices realizados en el programa de diseño y arquitectura naval, Maxsurf. El método utilizado son las series Delft por su fiabilidad y por ser método empleado en los diseños de embarcaciones a vela.

Una vez metidas en el “Span” las formas del barco que teníamos en “Maxsurf”, él mismo, facilitará datos importantes sobre el casco

Freeboards:		Sailing trim:	
FF	1,618 m	AMS1	2,4 m ²
FA	1,618 m	BTR	4,531
		DHKA	2,826 m
		ECMA	0 m
		D	2,437 m
		B	4,125 m
		WS	60,9 m ²
		DISP	19,8 t

Righting moment/deg.:		2nd moment lengths:	
RM2	0,6 tonne.m /deg.	L	16,444 m
RM20	0,6 tonne.m /deg.	LSM3	16,628 m
RM40	0,4 tonne.m /deg.	LSM1	16,032 m

Measurement trim:		Crew weight:	
MBMX	4,867 m	CW	1,2 t
PIPA	0 m ²		

Figura 35. Tabla parámetros de casco dadas por Span al meter el casco

donde:

FF: Francobordo de proa.

FA: Francobordo de popa

Momentos adrizantes por grado RM2/RM20/RM40 : Serán los momentos adrizantes para los ángulos de 2,20 y 40 grados

MBMX: Manga máxima en la línea de arrufo

PIPA: El Área de Proyección de Instalación de Propulsor representa el área de placa plana equivalente de la instalación propulsora utilizado para calcular su arrastre a varias velocidades.

AMS1: Área seccional máxima de profundidad atenuada, usada para calcular el efecto del casco sobre la capacidad de quillas de generar sustentación.

BTR: manga ajustada al ratio de profundidad, una medida de la finura del casco que tiene un efecto sobre la resistencia añadida debido a la escora.

DHKA: calado en carga, algo más profundo que el calado de proyecto.

ECMA: diferencia de calado entre barco board up y board down

D: El calado ajustado para el casco / interacción quilla y efectos de borde placa y deriva de B, a continuación.

B: Un valor integrado de la anchura del casco, utilizando un enfoque de "segundo momento" y un factor de atenuación de profundidad.

WS: Superficie mojada del casco y apéndices

DISP: Desplazamiento en trimado de navegación

L/LSM1/LSM3: Esloras efectivas de la embarcación en diferentes condiciones de desplazamiento y escora. Estos valores se derivan de la curva de sección de área. L es la eslora efectiva de navegación utilizada para calcular la resistencia del casco.

CW: Peso máximo de la tripulación (establecido por defecto por el programa).

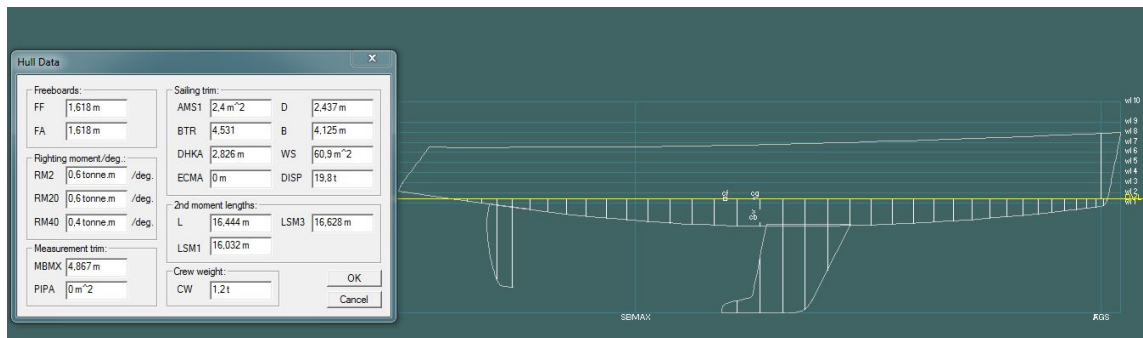
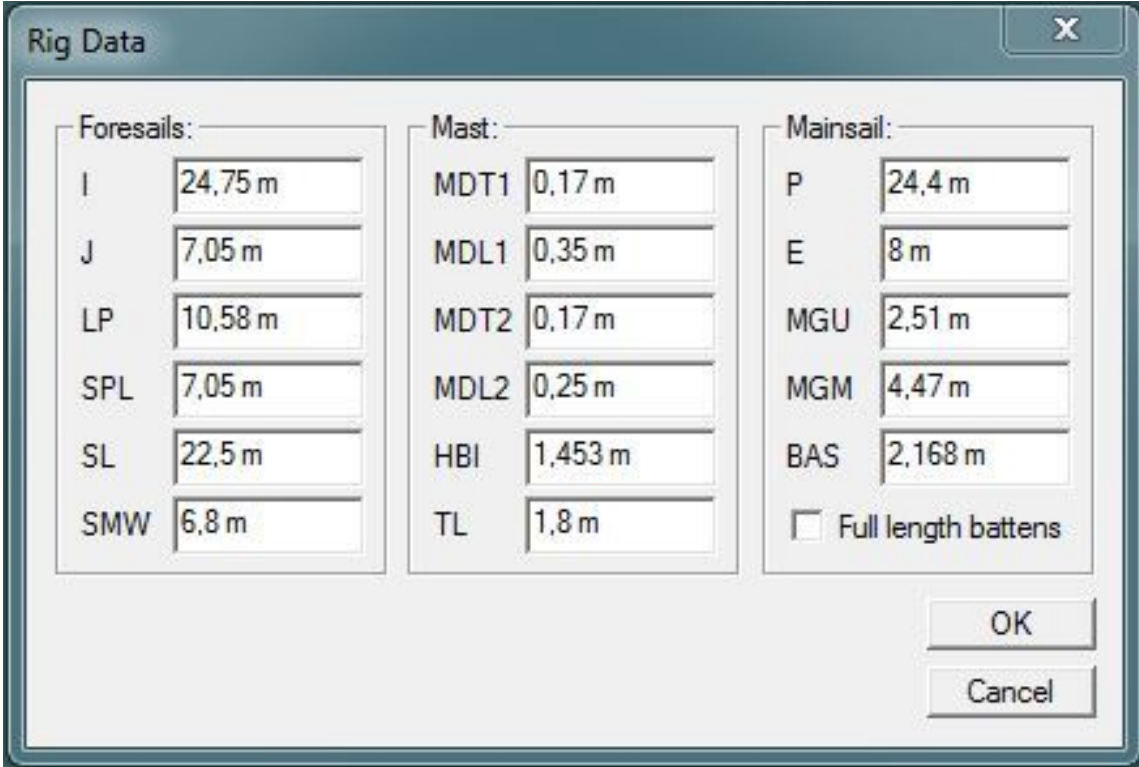


Figura 36. Esquema pre-cálculo Span

Para seguir con el cálculo simplemente habrá que facilitarle unos inputs que pide sobre el aparejo y las velas, no tendremos ningún problema ya que están definidos en el capítulo anterior del cuadernillo



The image shows a 'Rig Data' dialog box with three columns of input fields for sail and mast parameters. The 'Foresails' column includes I (24,75 m), J (7,05 m), LP (10,58 m), SPL (7,05 m), SL (22,5 m), and SMW (6,8 m). The 'Mast' column includes MDT1 (0,17 m), MDL1 (0,35 m), MDT2 (0,17 m), MDL2 (0,25 m), HBI (1,453 m), and TL (1,8 m). The 'Mainsail' column includes P (24,4 m), E (8 m), MGU (2,51 m), MGM (4,47 m), BAS (2,168 m), and a checkbox for 'Full length battens'. The dialog has 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom right.

Category	Parameter	Value
Foresails:	I	24,75 m
	J	7,05 m
	LP	10,58 m
	SPL	7,05 m
	SL	22,5 m
	SMW	6,8 m
Mast:	MDT1	0,17 m
	MDL1	0,35 m
	MDT2	0,17 m
	MDL2	0,25 m
	HBI	1,453 m
	TL	1,8 m
Mainsail:	P	24,4 m
	E	8 m
	MGU	2,51 m
	MGM	4,47 m
	BAS	2,168 m
	Full length battens	<input type="checkbox"/>

Figura 37 Parámetros del aparejo y velas requeridos por el Span

Una vez estén todos los datos en el programa, automáticamente nos calcula la estimación de velocidad.

En la siguiente figura 8.1.5 presentamos la curva de polares del barco de nuestro proyecto, que al estar en una fase inicial de su desarrollo se presenta todavía suave sin el carácter bilobulado tan marcado.

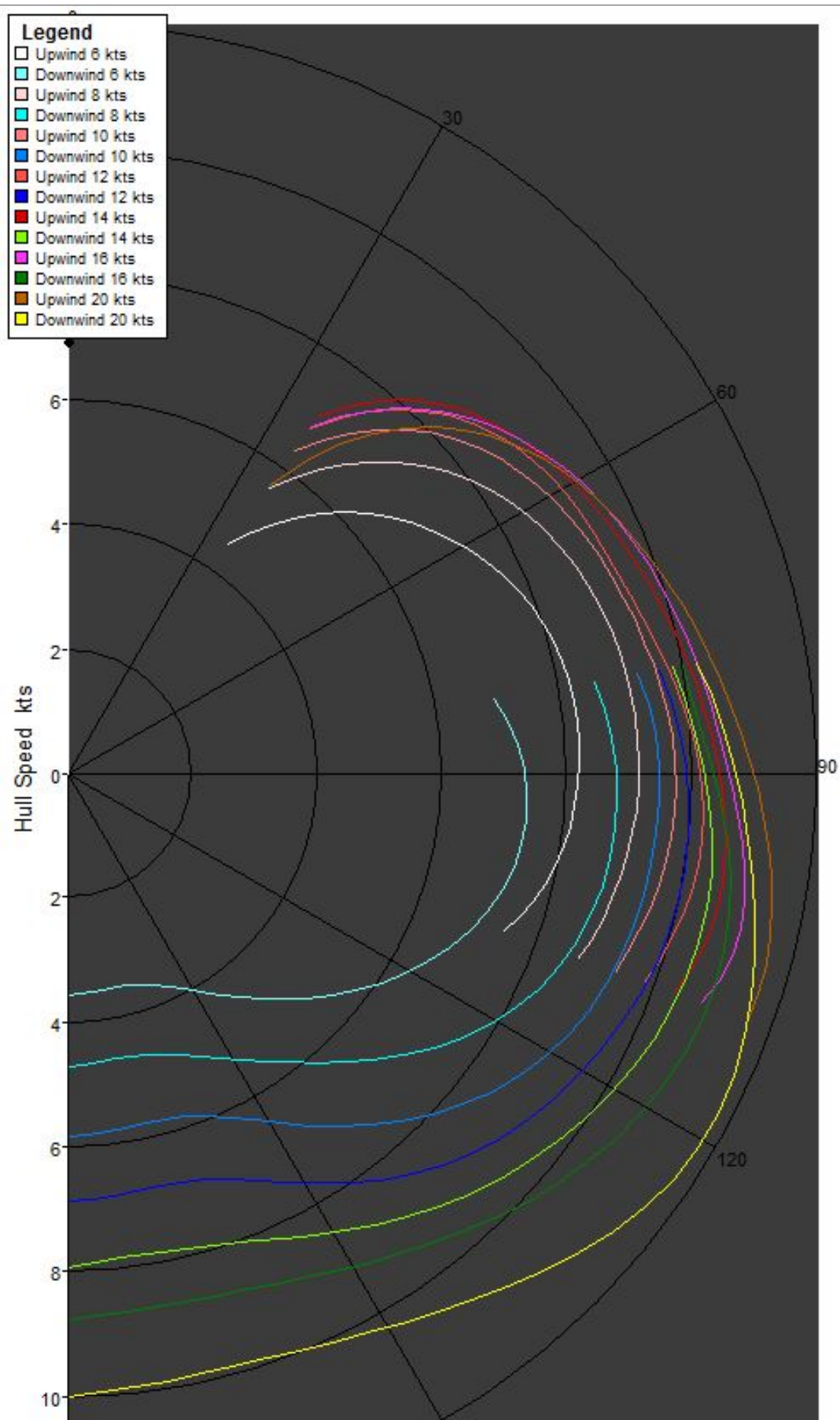


Figura 38 Polares del barco

El estudio se ha hecho entre 6 y 20 nudos de velocidad del viento, estas polares son importantísimas a la hora de competir, por lo que suponemos que con menos de 6 nudos una salida de una regata no podrá llevarse a cabo y que 20 nudos sea el límite de viento máximo para la misma, establecido por las capitanías marítimas costeras.

Tenemos una leyenda de colores para los diferentes rangos de viento, y se ven diferenciadas dos series de curvas, las de rumbos upwind y downwind. Es decir, cuando nuestro barco se encuentra en un rumbo upwind estará navegando contra el viento con las velas mayor y foque, mientras que, si se encuentra en un rumbo downwind, lo hará en rumbos portantes donde el viento le empezará a entrar del través hacia la popa y se navegará con mayor y spi.

Existe un rango de rumbo en el que las dos series de líneas se encuentran relacionadas, esto nos servirá para evaluar como el barco experimentará mas velocidad, en upwind con mayor y foque o en downwind con mayor y spi.

La conclusión es que navegando dos barcos en las mismas condiciones de mar y viento podrá existir un rumbo en el que el barco A navegando con mayor y foque experimente mas velocidad que el barco B con mayor y spi a pesar de tener este ultimo mucha mas superficie vélica al llevar el spi.

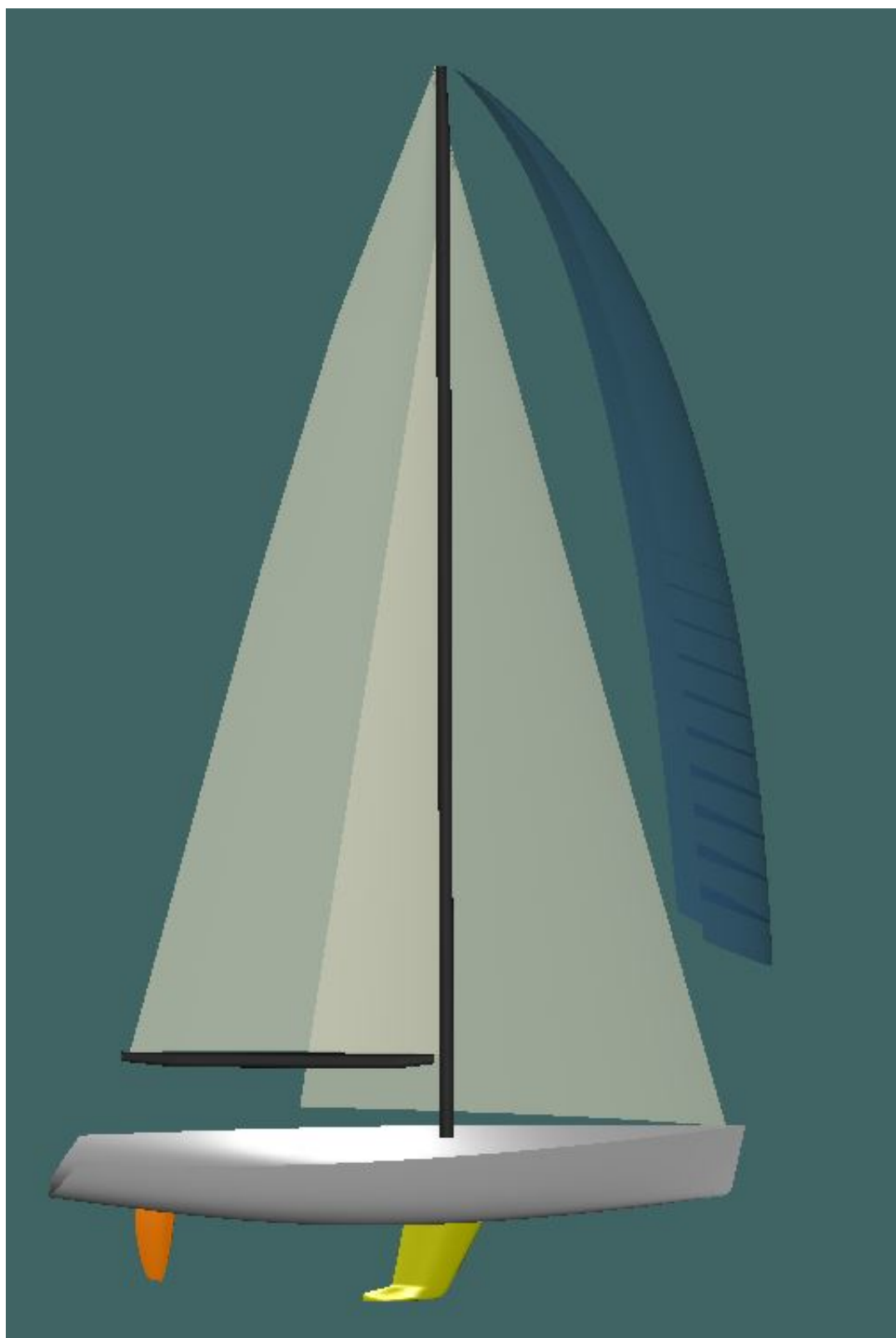


Figura 39 Esquema de SPAN con su aparejo y velamen definido

Los datos de salida del programa se presentan como **ANEXO**

Las velocidades vienen expresadas en nudos. Los valores del rizado de la vela no son posibles de obtener en la realidad, de forma que dan una idea cualitativa de si hay o no que tomar rizos en la vela a una velocidad de viento y rumbos determinados.

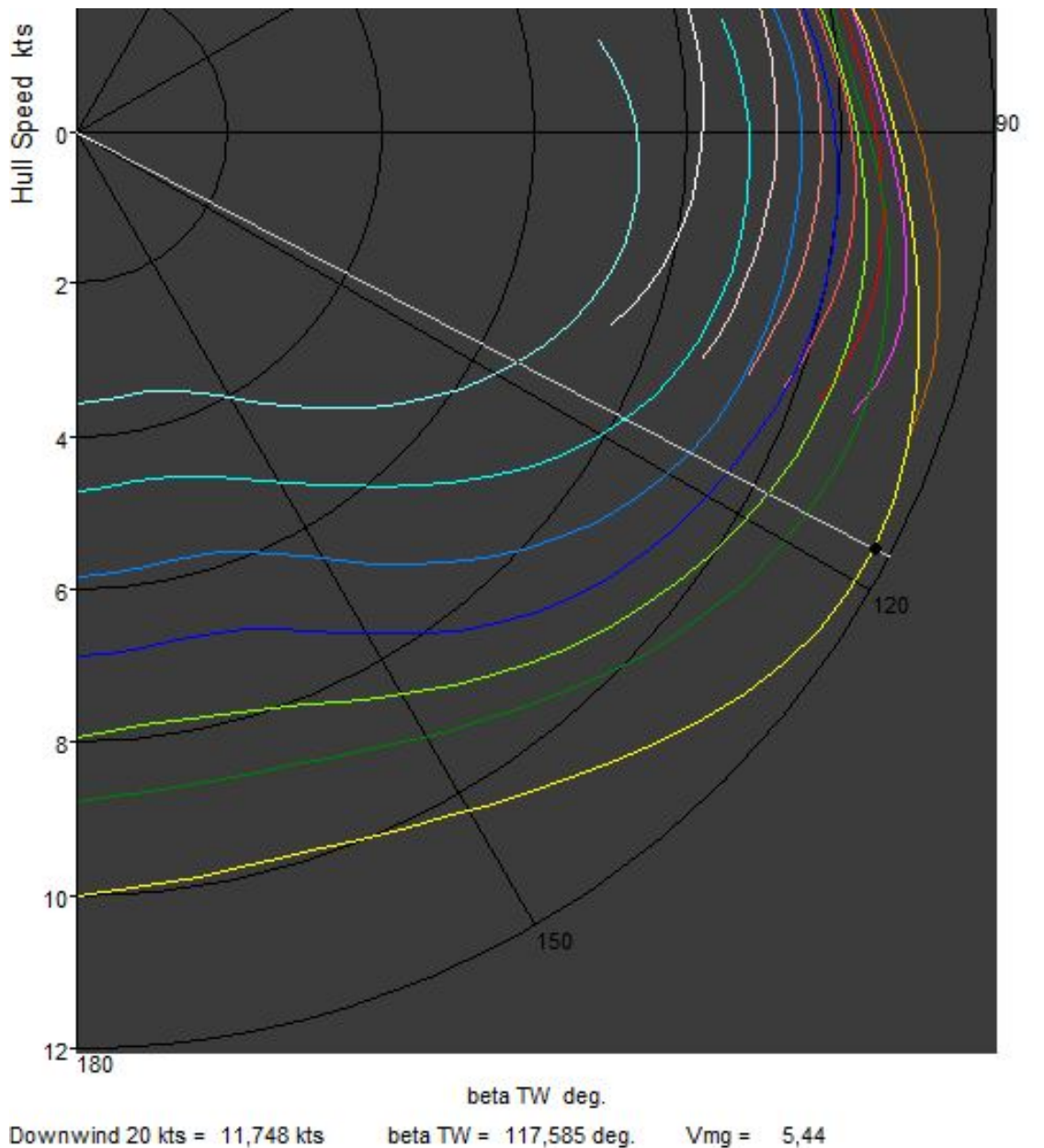


Figura 40. Máxima velocidad polares a vela

La velocidad máxima que obtiene el programa es para un viento de 20 nudos a un rumbo de 117°, y es de **11.748 nudos**.

Los datos se presentan en unas gráficas, que sólo deben ser tomadas como orientación, de la velocidad del barco a diferentes rumbos, diferenciando entre el uso del Spinnaker y el del Génova

5 Bibliografía

Manual Span. Módulo Maxsurf v.11

- "Cómo evaluar un yate", Joachim F. Muhs.
- "Elements of Yacht Design", Norman L. Skene.
- "Navegación con mal tiempo", Adlard Coles y Peter Bruce.
- "Principles of Naval Architect", SNAME.
- "Principles of Yacht Design", Lars Larsson y Rolf E Eliasson.
- "Proyectos de embarcaciones deportivas a vela" (4 tomos), Joaquin Coello y
- "Notas básicas sobre proyectos de yates a vela" Pedro Morales. Manolo Ruiz de Elvira,
- "Principles of Yacht Design", Lars Larsson y Rolf E Eliasson.
- "The Propeller Handbook", Dave Gerr.

ANEXO I. Resultados del Programa de Predicción de velocidad a vela.

V	beta		V	beta		Hull	VMG	Heel	Fdw	Sideforce	Reef	Flat	Form	Ind.	Aero	Hydro	Hull	Crew	Force	Mome
	TW	TW		AW	AW										Heel	Heel	Heel	Heel		
(knts)	(deg)	Spinnaker	(deg)	(deg)	(knts)	(knts)	(deg)	(deg)	(kN)	(kN)			(kN)	(kN)	t (kg·m)	t (kg·m)	t (kg·m)	t (kg·m)	(kN)	(kg·m)
6	35	down	10,12	20,14	4,49	3,68	7,1	0,8	4,89	1	0,85	0,57	0,23	6,03	0,61	4,21	2,42	0	0	
6	39	down	10,59	21,03	5,13	3,98	9,31	1,01	5,78	1	0,91	0,76	0,25	7,12	0,72	5,42	2,41	0	0	
6	42	down	10,86	21,72	5,54	4,12	10,82	1,16	6,35	1	0,94	0,91	0,26	7,82	0,79	6,21	2,4	0	0	
6	45	down	11,07	22,42	5,92	4,18	12,19	1,32	6,84	1	0,97	1,06	0,26	8,43	0,85	6,89	2,39	0	0	
6	50	down	11,33	23,64	6,45	4,15	13,83	1,56	7,4	1	1	1,31	0,26	9,12	0,92	7,66	2,37	0	0	
6	60	down	11,55	26,25	7,31	3,65	14,8	1,97	7,67	1	1	1,76	0,22	9,45	0,95	8,04	2,36	0	0	
6	75	down	11,22	30,78	8,06	2,09	13,32	2,38	7,12	1	1	2,23	0,15	8,76	0,88	7,27	2,38	0	0	
6	90	down	10,16	36,46	8,17	0	9,4	2,42	5,68	1	1	2,33	0,1	6,99	0,7	5,28	2,41	0	0	
6	100	down	9,14	40,99	7,96	-1,38	6,29	2,22	4,46	1	1	2,16	0,06	5,48	0,55	3,6	2,43	-0,01	0	
6	110	down	7,81	47,34	7,39	-2,53	3,98	1,83	3,05	1	1	1,81	0,03	3,75	0,38	2,31	1,82	-0,01	0	
6	80	up	10,08	37,31	6,94	1,2	5,8	1,61	3,75	1	1	1,56	0,06	5,32	0,46	3,37	2,42	0	0	
6	90	up	9,59	40,3	7,31	0	5,92	1,81	3,75	1	1	1,76	0,05	5,39	0,46	3,42	2,43	0	0	
6	100	up	8,75	44,38	7,33	-1,27	4,96	1,81	3,26	1	1	1,77	0,04	4,73	0,4	2,87	2,26	0	0	
6	110	up	7,59	50,44	6,97	-2,38	3,68	1,59	2,4	1	1	1,57	0,02	3,49	0,3	2,15	1,64	-0,01	0	
6	120	up	6,27	59,46	6,3	-3,15	2,5	1,25	1,5	1	1	1,24	0,01	2,2	0,19	1,48	0,91	0	0	
6	130	up	5,01	72,52	5,52	-3,55	1,58	0,9	0,84	1	1	0,9	0	1,24	0,1	0,94	0,4	0	0	
6	140	up	4,01	91,07	4,71	-3,6	0,87	0,63	0,41	1	1	0,63	0	0,6	0,05	0,53	0,13	0	0	
6	150	up	3,43	114,39	3,99	-3,45	0,45	0,45	0,19	1	1	0,45	0	0,28	0,02	0,27	0,03	0	0	
6	165	up	2,97	147,04	3,54	-3,42	0,21	0,35	0,09	1	1	0,35	0	0,12	0,01	0,13	0,01	0	0	
6	175	up	2,77	168,68	3,5	-3,49	0,08	0,34	0,03	1	1	0,34	0	0,05	0	0,05	0	0	0	
6	180	up	2,69	180	3,55	-3,55	-0,03	0,35	-0,01	1	1	0,35	0	-0,02	0	0,02	0	0	-0,04	

V	TW	beta TW (deg)	Spinnaker	V	AW	beta AW (deg)	Hull Speed (knts)	VMG (knts)	Heel Angle (deg)	Fdw Force (kN)	Sidelforce (kN)	Reef	Flat	Form Drag (kN)	Ind. Drag (kN)	Aero Heel Momen t (kg·m)	Hydro Heel Mommen t (kg·m)	Hull Rigth momen t (kg·m)	Crew righth momen t (kg·m)	Force Err (kN)	Mome nt Err (kg·m)
8	35	down		13,08	20,27		5,6	4,59	13,86	1,28	7,46	1	0,78	0,93	0,35	9,2	0,92	7,75	2,37	0	0
8	39	down		13,49	21,32		6,25	4,86	16,43	1,55	8,29	1	0,8	1,21	0,35	10,21	1,03	8,89	2,34	0	0
8	42	down		13,71	22,13		6,67	4,96	18	1,75	8,74	1	0,81	1,42	0,34	10,76	1,08	9,52	2,32	0	0
8	45	down		13,88	22,94		7,05	4,99	19,31	1,94	9,08	1	0,82	1,62	0,33	11,19	1,13	10,01	2,31	0	0
8	50	down		14,09	24,26		7,64	4,91	21,04	2,25	9,49	1	0,83	1,95	0,3	11,69	1,18	10,59	2,28	0	0
8	60	down		13,97	27,04		8,41	4,21	24,62	2,85	10,24	1	0,92	2,57	0,29	12,61	1,27	11,66	2,22	0	0
8	75	down		13,21	33		8,99	2,33	22,8	3,63	9,78	1	1	3,4	0,23	12,04	1,21	11	2,25	0	0
8	90	down		12,04	40,64		9,13	0	15,4	3,81	7,75	1	1	3,67	0,14	9,52	0,96	8,13	2,36	0	0
8	100	down		10,96	46,1		9,01	-1,57	10,58	3,53	6,1	1	1	3,44	0,09	7,48	0,76	5,84	2,4	0	0
8	110	down		9,65	52,32		8,69	-2,97	6,02	2,96	4,33	1	1	2,92	0,05	5,32	0,54	3,42	2,43	0	0
8	80	up		12,75	38,46		8,55	1,48	13,59	2,83	6,27	1	1	2,72	0,11	8,95	0,78	7,36	2,38	0	0
8	90	up		11,93	42,59		8,79	0	13,03	3,15	6,02	1	1	3,06	0,09	8,7	0,75	7,07	2,38	0	0
8	100	up		10,88	47,74		8,76	-1,52	9,89	3,08	5,01	1	1	3,02	0,06	7,29	0,62	5,5	2,41	0	0
8	110	up		9,62	53,86		8,51	-2,91	6,14	2,72	3,74	1	1	2,69	0,04	5,46	0,46	3,5	2,43	0	0
8	120	up		8,12	62,29		7,93	-3,97	3,78	2,16	2,45	1	1	2,14	0,02	3,58	0,3	2,18	1,7	0	0
8	130	up		6,57	75,59		6,98	-4,49	2,38	1,59	1,4	1	1	1,58	0,01	2,06	0,17	1,4	0,83	0	0
8	140	up		5,35	93,14		6,08	-4,66	1,37	1,13	0,7	1	1	1,13	0	1,03	0,09	0,81	0,3	0	0
8	150	up		4,6	115,22		5,25	-4,54	0,75	0,8	0,34	1	1	0,8	0	0,5	0,04	0,45	0,09	0	0
8	165	up		3,99	147,33		4,68	-4,52	0,36	0,63	0,15	1	1	0,63	0	0,22	0,02	0,22	0,02	0	0
8	175	up		3,73	168,78		4,63	-4,61	0,15	0,61	0,06	1	1	0,61	0	0,09	0,01	0,09	0	0	0
8	180	up		3,63	180		4,69	-4,69	-0,06	0,63	-0,02	1	1	0,63	0	-0,03	0	0,04	0	0	-0,07

V	beta		V	beta		Hull	VMG	Heel	Fdw	Sideforce	Reef	Flat	Form	Ind.	Aero	Hydro	Hull	Crew	Force	Mome
	TW	TW		AW	AW										Speed	Angle	Force	Drag		
(knts)	(deg)	Spinnaker	(deg)	(deg)	(knts)	(knts)	(deg)	(kN)	(kN)				(kN)	(kN)	t (kg·m)	t (kg·m)	t (kg·m)	t (kg·m)	(kN)	(kg·m)
10	35	down	15,63	20,55	6,33	5,18	19,33	1,66	9,15	1	0,67	1,25	0,41	11,28	1,13	10,11	2,31	0	0	
10	39	down	15,97	21,76	6,97	5,42	21,51	1,95	9,68	1	0,67	1,58	0,38	11,93	1,2	10,85	2,27	0	0	
10	42	down	16,17	22,68	7,41	5,51	22,75	2,17	9,94	1	0,67	1,82	0,35	12,24	1,23	11,22	2,25	0	0	
10	45	down	16,31	23,62	7,81	5,52	23,72	2,38	10,12	1	0,67	2,05	0,33	12,46	1,25	11,48	2,24	0	0	
10	50	down	16,35	25,36	8,29	5,33	24,93	2,74	10,32	1	0,68	2,44	0,31	12,71	1,28	11,77	2,22	0	0	
10	60	down	15,95	29,24	8,89	4,44	26,6	3,49	10,57	1	0,74	3,22	0,28	13,02	1,31	12,14	2,18	0	0	
10	75	down	14,77	35,56	9,42	2,44	27,75	4,52	10,71	1	0,89	4,27	0,26	13,18	1,33	12,35	2,16	0	0	
10	90	down	13,52	44,01	9,72	0	21,77	5,18	9,48	1	1	4,99	0,19	11,64	1,17	10,55	2,27	0	0	
10	100	down	12,49	50,94	9,64	-1,67	14,48	4,9	7,42	1	1	4,79	0,12	9,11	0,92	7,67	2,37	0	0	
10	110	down	11,13	58,52	9,3	-3,18	8,12	4,08	5,14	1	1	4,02	0,06	6,32	0,64	4,54	2,42	0	0	
10	80	up	14,45	40,19	9,26	1,61	22,92	4,08	8,49	1	1	3,92	0,17	12,2	1,05	11	2,25	0	0	
10	90	up	13,53	45,66	9,46	0	20,11	4,5	7,81	1	1	4,37	0,13	11,33	0,97	10	2,29	0	0	
10	100	up	12,49	52,15	9,46	-1,64	14,68	4,46	6,41	1	1	4,37	0,09	9,34	0,79	7,77	2,36	0	0	
10	110	up	11,19	59,35	9,25	-3,16	9,35	3,97	4,79	1	1	3,92	0,05	7	0,59	5,19	2,41	0	0	
10	120	up	9,69	67,64	8,88	-4,44	5,18	3,24	3,31	1	1	3,22	0,03	4,86	0,41	2,95	2,32	0	0	
10	130	up	8,12	78,42	8,31	-5,34	3,27	2,47	2,05	1	1	2,46	0,01	3,02	0,25	1,89	1,39	0	0	
10	140	up	6,71	95,3	7,35	-5,63	1,91	1,78	1,06	1	1	1,78	0	1,55	0,13	1,12	0,56	0	0	
10	150	up	5,82	116,63	6,4	-5,54	1,1	1,28	0,53	1	1	1,28	0	0,78	0,07	0,65	0,2	0	0	
10	165	up	5,04	147,73	5,78	-5,59	0,55	1	0,24	1	1	1	0	0,35	0,03	0,33	0,05	0	0	
10	175	up	4,72	168,92	5,73	-5,71	0,24	0,98	0,1	1	1	0,98	0	0,14	0,01	0,14	0,01	0	0	
10	180	up	4,59	180	5,81	-5,81	-0,09	1,01	-0,04	1	1	1,01	0	-0,05	0	0,06	0	0	-0,11	

V	beta		V	beta		Hull	VMG	Heel	Fdw	Sideforce	Reef	Flat	Form	Ind.	Aero	Hydro	Hull	Crew	Force	Mome
	TW	TW		AW	AW										Speed	Angle	Force	Drag		
(knts)	(deg)	Spinnaker	(deg)	(deg)	(knts)	(knts)	(deg)	(kN)	(kN)			(kN)	(kN)	t (kg·m)	t (kg·m)	t (kg·m)	t (kg·m)	(kN)	(kg·m)	
12	35	down	17,89	20,96	6,78	5,55	22,99	1,9	10,06	1	0,56	1,47	0,43	12,4	1,25	11,4	2,25	0	0	
12	39	down	18,21	22,33	7,44	5,78	24,7	2,21	10,37	1	0,55	1,83	0,38	12,78	1,29	11,84	2,22	0	0	
12	42	down	18,36	23,39	7,87	5,85	25,63	2,44	10,51	1	0,55	2,1	0,35	12,95	1,3	12,05	2,2	0	0	
12	45	down	18,41	24,55	8,21	5,81	26,37	2,69	10,62	1	0,55	2,36	0,33	13,07	1,32	12,2	2,19	0	0	
12	50	down	18,31	26,61	8,62	5,54	27,41	3,12	10,75	1	0,56	2,82	0,31	13,24	1,33	12,41	2,17	0	0	
12	60	down	17,7	30,99	9,15	4,58	29,04	3,99	10,95	1	0,63	3,71	0,28	13,49	1,36	12,71	2,14	0	0	
12	75	down	15,38	34,98	9,54	2,47	39,59	5,04	12,34	1	0,94	4,71	0,33	15,19	1,53	14,84	1,88	0	0	
12	90	down	14,61	46,07	10,14	0	29,03	6,28	10,84	1	1	6,06	0,23	13,31	1,34	12,52	2,14	0	0	
12	100	down	13,92	54,64	10,17	-1,77	18,71	6,27	8,65	1	1	6,13	0,14	10,63	1,07	9,38	2,31	0	0	
12	110	down	12,63	63,56	9,81	-3,35	10,45	5,27	5,98	1	1	5,2	0,07	7,38	0,74	5,72	2,4	0	0	
12	80	up	15,62	41,38	9,6	1,67	30,94	4,89	9,68	1	0,95	4,69	0,2	13,95	1,2	13,05	2,1	0	0	
12	90	up	14,69	47,65	9,9	0	27,76	5,6	9,14	1	1	5,43	0,17	13,29	1,13	12,26	2,16	0	0	
12	100	up	13,89	55,55	10	-1,74	19,94	5,82	7,68	1	1	5,71	0,12	11,21	0,95	9,87	2,3	0	0	
12	110	up	12,68	63,87	9,84	-3,36	13	5,35	5,88	1	1	5,28	0,07	8,61	0,73	6,96	2,38	0	0	
12	120	up	11,19	72,97	9,51	-4,75	7,57	4,52	4,17	1	1	4,48	0,04	6,14	0,52	4,23	2,42	0	0	
12	130	up	9,59	83,75	9,06	-5,82	4,11	3,55	2,65	1	1	3,53	0,02	3,9	0,33	2,34	1,89	0	0	
12	140	up	8,09	98,04	8,43	-6,46	2,47	2,59	1,46	1	1	2,58	0,01	2,13	0,18	1,43	0,89	0	0	
12	150	up	7,05	117,79	7,52	-6,51	1,48	1,88	0,77	1	1	1,88	0	1,12	0,1	0,87	0,35	0	0	
12	165	up	6,15	148,33	6,82	-6,59	0,77	1,49	0,35	1	1	1,5	0	0,51	0,04	0,45	0,1	0	0	
12	175	up	5,77	169,13	6,77	-6,74	0,35	1,47	0,14	1	1	1,47	0	0,21	0,02	0,2	0,02	0	0	
12	180	up	5,62	180	6,86	-6,86	-0,14	1,51	-0,05	1	1	1,52	0	-0,08	-0,01	0,08	0	0	-0,17	

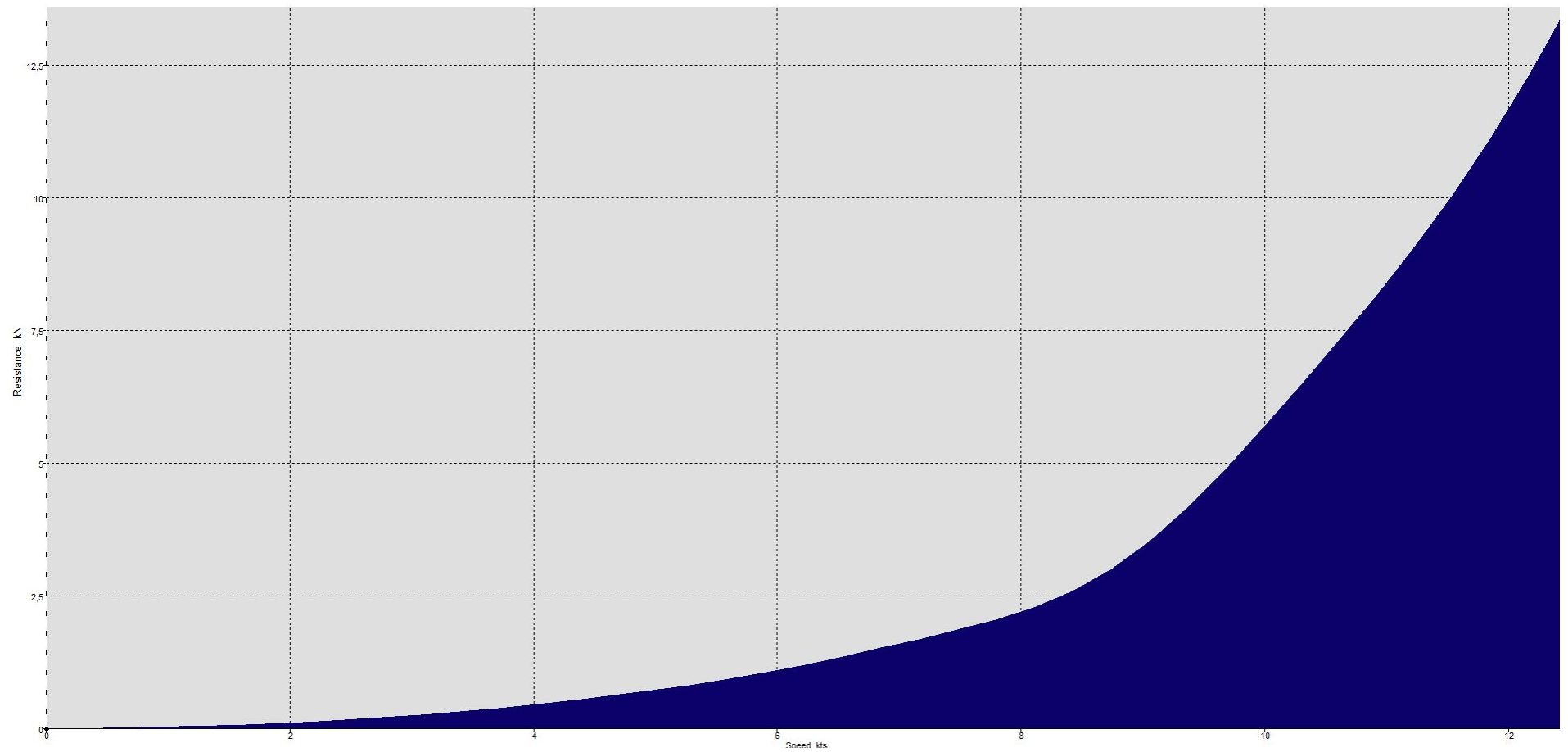
V	TW	beta TW (deg)	Spinnaker	V	AW	beta AW (deg)	Hull Speed (knts)	VMG (knts)	Heel Angle (deg)	Fdw Force (kN)	Sideforce (kN)	Reef	Flat	Form Drag (kN)	Ind. Drag (kN)	Aero Heel Momen t (kg·m)	Hydro Heel Mommen t (kg·m)	Hull Rigth momen t (kg·m)	Crew righth momen t (kg·m)	Force Err (kN)	Mome nt Err (kg·m)
14	35	down		19,84	20,99		7	5,74	28,19	2,09	11,11	1	0,5	1,59	0,5	13,69	1,38	12,91	2,15	0	0
14	39	down		20,04	22,21		7,67	5,96	30,75	2,4	11,44	1	0,5	1,96	0,44	14,09	1,42	13,4	2,1	0	0
14	42	down		20,1	23,29		8,07	6	31,87	2,65	11,54	1	0,5	2,25	0,4	14,22	1,43	13,57	2,08	0	0
14	45	down		20,1	24,6		8,39	5,93	32,19	2,92	11,54	1	0,5	2,55	0,37	14,21	1,43	13,57	2,07	0	0
14	50	down		20,02	27,24		8,8	5,65	31,33	3,4	11,35	1	0,5	3,08	0,33	13,98	1,41	13,3	2,09	0	0
14	60	down		19,38	32,56		9,33	4,66	30,76	4,35	11,19	1	0,54	4,07	0,28	13,78	1,39	13,07	2,1	0	0
14	75	down		17,78	40,43		9,91	2,56	31,48	5,72	11,23	1	0,67	5,47	0,25	13,8	1,39	13,1	2,08	0	0
14	90	down		15,87	48,94		10,43	0	31,25	7,05	11,13	1	0,91	6,82	0,22	13,66	1,38	12,95	2,09	0	0
14	100	down		15,16	57,35		10,63	-1,85	23,49	7,54	9,76	1	1	7,37	0,17	11,99	1,21	10,96	2,24	0	0
14	110	down		14,12	67,41		10,3	-3,52	13,28	6,56	6,93	1	1	6,47	0,09	8,57	0,86	7,05	2,38	0	0
14	80	up		17,21	44,35		9,83	1,71	31,02	5,46	9,63	1	0,77	5,27	0,19	13,92	1,19	13,02	2,09	0	0
14	90	up		15,82	49,94		10,18	0	31,79	6,35	9,62	1	0,92	6,18	0,18	14	1,19	13,11	2,08	0	0
14	100	up		15,01	57,97		10,45	-1,81	25,82	7,02	8,74	1	1	6,88	0,14	12,78	1,08	11,66	2,2	0	0
14	110	up		14,07	67,25		10,39	-3,55	17,32	6,8	7	1	1	6,72	0,09	10,27	0,87	8,81	2,33	0	0
14	120	up		12,69	77,11		10,09	-5,05	10,55	5,98	5,1	1	1	5,94	0,05	7,51	0,63	5,74	2,4	0	0
14	130	up		11,11	88,47		9,65	-6,2	5,17	4,84	3,28	1	1	4,82	0,02	4,83	0,41	2,92	2,32	0	0
14	140	up		9,57	102,44		9,09	-6,96	3,02	3,59	1,87	1	1	3,59	0,01	2,73	0,23	1,73	1,23	0	0
14	150	up		8,37	119,63		8,47	-7,34	1,91	2,63	1,06	1	1	2,63	0	1,54	0,13	1,1	0,56	0	0
14	165	up		7,26	148,73		7,86	-7,59	1,02	2,08	0,49	1	1	2,09	0	0,7	0,06	0,59	0,17	0	0
14	175	up		6,81	169,27		7,81	-7,78	0,47	2,05	0,2	1	1	2,05	0	0,29	0,02	0,27	0,04	0	0
14	180	up		6,65	180		7,91	-7,91	-0,2	2,12	-0,08	1	1	2,12	0	-0,11	-0,01	0,11	0,01	0	-0,24

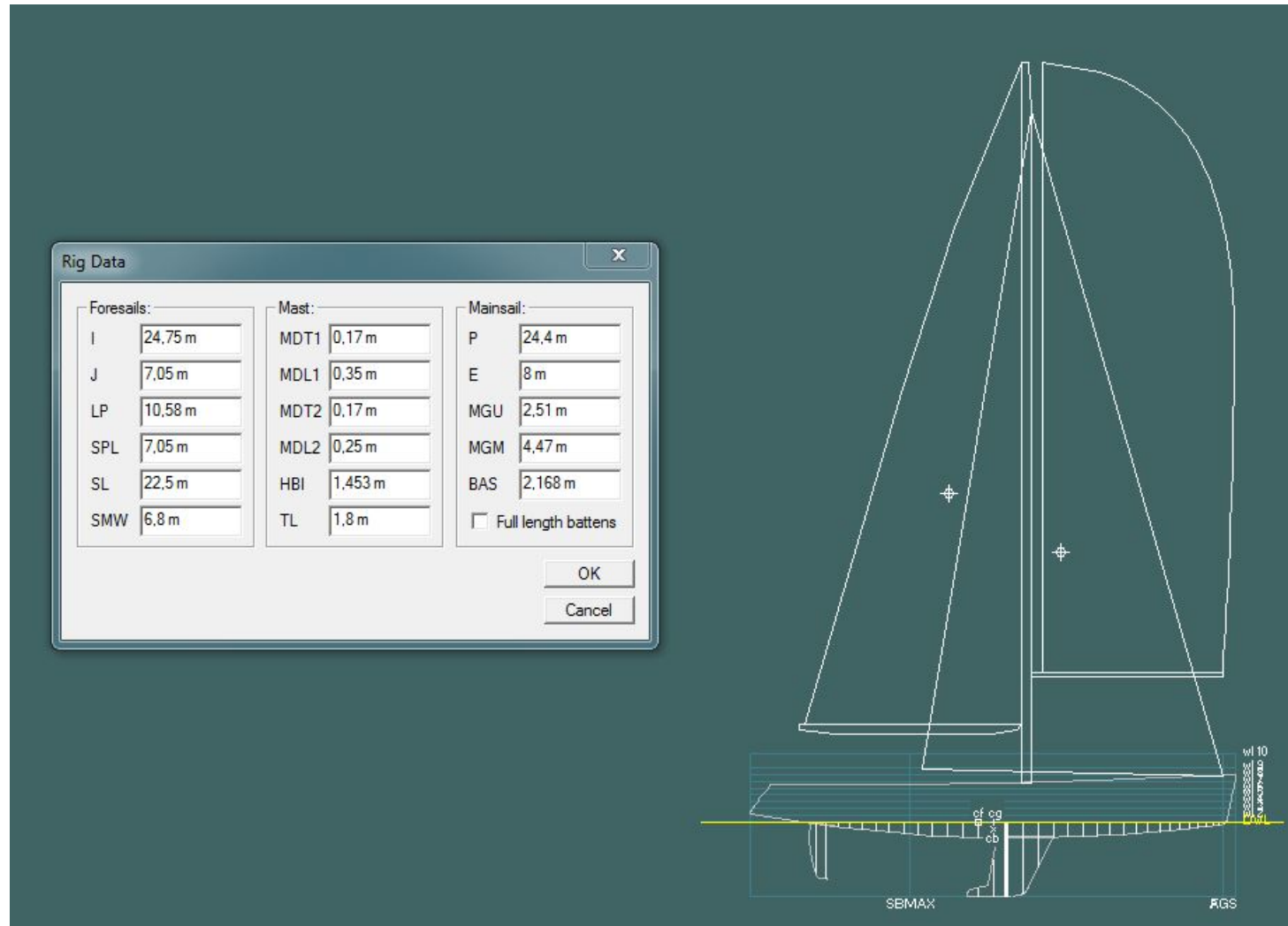
V	beta		V	beta		Hull	VMG	Heel	Fdw	Sideforce	Reef	Flat	Form	Ind.	Aero	Hydro	Hull	Crew	Force	Mome
	TW	TW		AW	AW										Speed	Angle	Force	Drag		
(knts)	(deg)	Spinnaker	(deg)	(deg)	(knts)	(knts)	(deg)	(kN)	(kN)				(kN)	(kN)	t (kg·m)	t (kg·m)	t (kg·m)	t (kg·m)	(kN)	(kg·m)
16	35	down	21,09	20,22	6,79	5,56	36,82	2,17	12,44	1	0,5	1,51	0,66	15,34	1,54	14,92	1,96	0	0	
16	39	down	21,17	21,34	7,43	5,77	39,26	2,46	12,69	1	0,5	1,89	0,57	15,63	1,57	15,31	1,89	0	0	
16	42	down	21,18	22,31	7,87	5,85	40,39	2,7	12,78	1	0,5	2,19	0,52	15,74	1,58	15,46	1,86	0	0	
16	45	down	21,15	23,51	8,24	5,83	40,82	2,98	12,78	1	0,5	2,51	0,47	15,74	1,58	15,47	1,85	0	0	
16	50	down	21,02	26,07	8,74	5,62	40,16	3,51	12,57	1	0,5	3,11	0,41	15,49	1,56	15,18	1,87	0	0	
16	60	down	20,66	32,82	9,41	4,71	35,58	4,62	11,83	1	0,5	4,31	0,31	14,56	1,47	14,04	1,99	0	0	
16	75	down	19,22	42,4	10,06	2,6	32,83	6,12	11,39	1	0,59	5,87	0,25	13,99	1,41	13,35	2,05	0	0	
16	90	down	16,23	49,35	10,57	0	38,87	7,7	12,07	1	0,94	7,44	0,26	14,82	1,5	14,41	1,9	0	0	
16	100	down	16,14	59,39	11,01	-1,91	28,53	8,59	10,62	1	1	8,41	0,18	13,07	1,32	12,24	2,15	0	0	
16	110	down	15,54	70,36	10,78	-3,69	16,63	7,88	7,94	1	1	7,77	0,11	9,84	0,98	8,48	2,34	0	0	
16	80	up	18,65	46,53	10	1,74	32,35	5,9	9,75	1	0,67	5,72	0,19	14,12	1,21	13,26	2,06	0	0	
16	90	up	16,28	50,62	10,33	0	38,65	6,94	10,34	1	0,94	6,75	0,2	15,06	1,28	14,43	1,91	0	0	
16	100	up	15,78	59,74	10,78	-1,87	31,76	7,93	9,49	1	1	7,78	0,15	13,88	1,18	12,98	2,08	0	0	
16	110	up	15,26	69,83	10,89	-3,73	22,19	8,19	8,02	1	1	8,08	0,11	11,79	0,99	10,52	2,26	0	0	
16	120	up	14,13	80,22	10,68	-5,34	13,94	7,57	6,07	1	1	7,51	0,06	8,94	0,75	7,32	2,37	0	0	
16	130	up	12,64	92,08	10,23	-6,57	7,07	6,31	3,98	1	1	6,28	0,03	5,86	0,49	3,93	2,42	0	0	
16	140	up	11,11	106,21	9,64	-7,39	3,66	4,8	2,34	1	1	4,79	0,01	3,42	0,29	2,07	1,63	0	0	
16	150	up	9,85	122,5	9,11	-7,89	2,4	3,64	1,41	1	1	3,63	0	2,04	0,17	1,37	0,84	0	0	
16	165	up	8,55	149,77	8,68	-8,39	1,31	2,91	0,66	1	1	2,91	0	0,95	0,08	0,75	0,28	0	0	
16	175	up	8,05	169,62	8,66	-8,62	0,62	2,87	0,27	1	1	2,87	0	0,39	0,03	0,36	0,06	0	0	
16	180	up	7,9	180	8,74	-8,74	-0,27	2,99	-0,11	1	1	2,99	0	-0,16	-0,01	0,16	0,01	0	-0,34	

V	TW	beta TW (deg)	Spinnaker	V	AW	beta AW (deg)	Hull Speed (knts)	VMG (knts)	Heel Angle (deg)	Fdw Force (kN)	Sideforce (kN)	Reef	Flat	Form Drag (kN)	Ind. Drag (kN)	Aero Heel Momen t (kg·m)	Hydro Heel Mommen t (kg·m)	Hull Rigth momen t (kg·m)	Crew righth momen t (kg·m)	Force Err (kN)	Mome nt Err (kg·m)
20	35	down		22,96	19,53		5,67	4,64	46,64	2,37	14,6	1	0,5	1,06	1,31	18,01	1,81	18,14	1,68	0	0
20	39	down		23,23	20,25		6,71	5,21	48,84	2,64	15,1	1	0,5	1,64	1	18,62	1,87	18,88	1,61	0	0
20	42	down		23,28	21,09		7,32	5,44	49,74	2,9	15,31	1	0,5	2,04	0,86	18,87	1,9	19,19	1,58	0	0
20	45	down		23,27	22,08		7,88	5,57	50,27	3,19	15,4	1	0,5	2,44	0,75	18,97	1,91	19,32	1,56	0	0
20	50	down		23,04	24,39		8,54	5,49	50,09	3,78	15,17	1	0,5	3,16	0,62	18,68	1,88	18,99	1,57	0	0
20	60	down		22,3	31,08		9,36	4,68	46,97	5,05	13,88	1	0,5	4,62	0,43	17,09	1,72	17,15	1,67	0	0
20	75	down		21,57	44,63		10,22	2,65	37,65	6,69	11,97	1	0,5	6,43	0,27	14,7	1,48	14,25	1,93	0	0
20	90	down		19,55	55,86		10,97	0	35,53	8,62	11,57	1	0,69	8,4	0,22	14,22	1,43	13,66	1,99	0	0
20	100	down		17,86	63,41		11,45	-1,99	35,35	10,04	11,43	1	0,95	9,85	0,2	14,09	1,42	13,52	1,99	0	0
20	110	down		17,9	74,88		11,57	-3,96	24,26	10,27	9,69	1	1	10,13	0,14	12,07	1,2	11,04	2,23	0	0
20	80	up		21,29	49,83		10,22	1,77	35,34	6,52	10,05	1	0,53	6,33	0,19	14,55	1,25	13,8	1,99	0	0
20	90	up		19,61	56,92		10,7	0	35,72	7,83	9,97	1	0,66	7,66	0,17	14,51	1,24	13,76	1,98	0	0
20	100	up		17,15	63,52		11,14	-1,93	39,24	9,26	10,22	1	0,95	9,1	0,17	14,97	1,27	14,34	1,89	0	0
20	110	up		16,86	74,05		11,59	-3,96	32	10,34	9,36	1	1	10,22	0,13	13,77	1,16	12,86	2,07	0	0
20	120	up		16,64	85,07		11,72	-5,86	21,6	10,74	7,81	1	1	10,66	0,09	11,51	0,97	10,2	2,27	0	0
20	130	up		15,64	97,03		11,41	-7,34	12,17	9,67	5,55	1	1	9,63	0,05	8,14	0,69	6,44	2,39	0	0
20	140	up		14,25	111,13		10,78	-8,26	5,67	7,8	3,52	1	1	7,78	0,02	5,12	0,44	3,15	2,41	0	0
20	150	up		12,97	126,88		10,22	-8,85	3,59	6,28	2,3	1	1	6,28	0,01	3,33	0,29	2,02	1,59	0	0
20	165	up		11,55	152,24		9,87	-9,53	2,01	5,37	1,13	1	1	5,36	0	1,62	0,14	1,14	0,62	0	0
20	175	up		10,99	170,51		9,88	-9,84	1,02	5,38	0,48	1	1	5,38	0	0,69	0,06	0,58	0,17	0	0
20	180	up		10,83	180		9,97	-9,97	-0,49	5,62	-0,2	1	1	5,62	0	-0,29	-0,02	0,28	0,04	0	-0,64

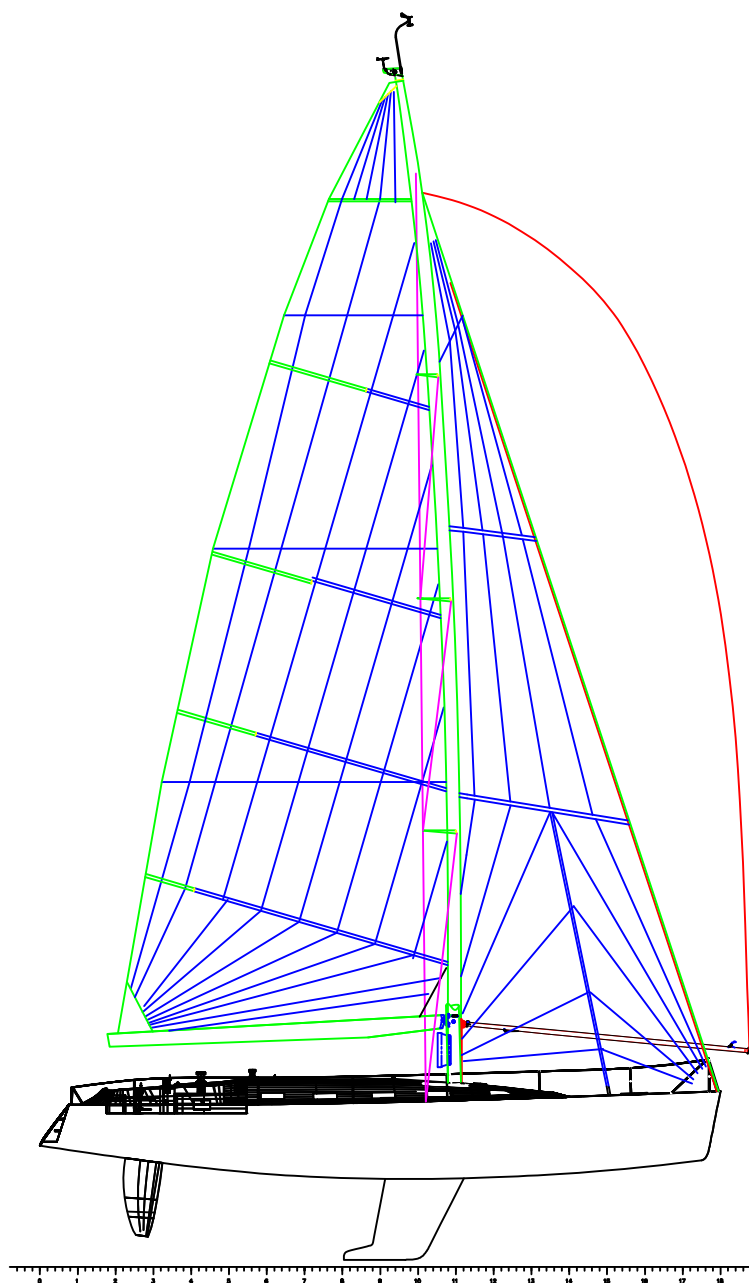
LEYENDA

VTW	Velocidad viento real
Beta (β) TW	Ángulo respect al viento real
Spinnaker	Indica si el spinnaker esta izado o no
VAW	Velocidad viento aparente
Beta (β) AW	Dirección viento aparente
Hull Speed	Velocidad del casco
VMG	Velocidad real que conseguimos ganarle al viento hacia barlovento (+) o sotavento(-)
Heel Angle	Ángulo de escora
Fwd Force	Fuerza conductor producida por las velas
Sideforce	Fuerza lateral producida por las velas
Reef	Parámetro IMS, un valor de menos que 1.00 indica que el tamaño de vela óptimo es menor que el área de vela total disponible.
Flat	Parámetro IMS, un valor de menos de 1.00 indica que los coeficientes de vela, menores que el máximo disponible, son óptimos.
Form Drag	Resistencia principal de casco y apendices
Ind. Drag	Resistencia inducida de apéndices
Aero Heel Moment	Momento escorante debido a las velas
Hydro Heel Moment	Momento escorante debido a los apendices
Hull Right Moment	Momento adrizante debido al peso del casco
Crew Right Moment	Momento adrizante debido al peso de la tripulación
Force Err	El algoritmo VPP equilibra la fuerza de accionamiento hacia adelante contra la resistencia del casco. Después del número máximo de iteraciones, se da cualquier error aquí.
Moment Err	Igual que el anterior pero para la escora / adrizamiento el momento de balance.

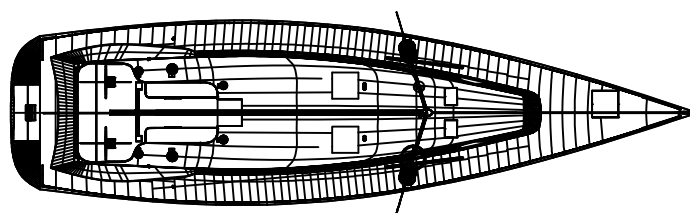
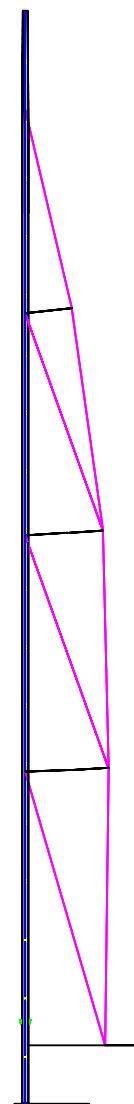




ANEXO II. Planos Velas y Aparejo



PERFIL



CUBIERTA

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

L.....	18 m
Lwl.....	16,31 m
B.....	4,89 m
D.....	4,17 m
T.....	2,826 m
SA.....	202m ²



Escola Politécnica Superior
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Proyecto N°: 14-106

Proyecto: VELERO OCEÁNICO DE 60 PIÉS DE ESLORA

Fecha: SEP 2014

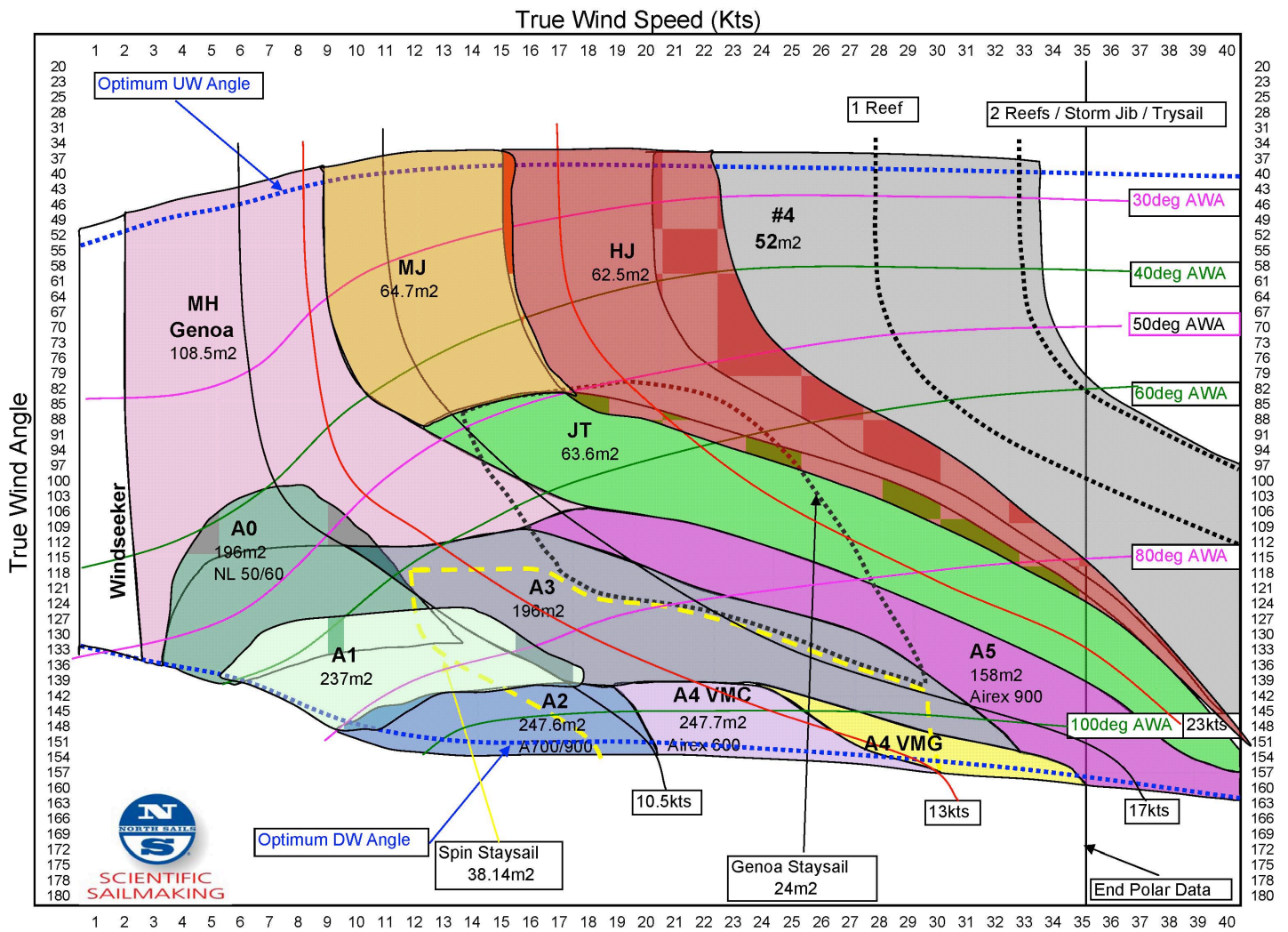
Título del Plano: PLANO CB. HAB. N°5

Plano N°: 01

ESCALA 1:200

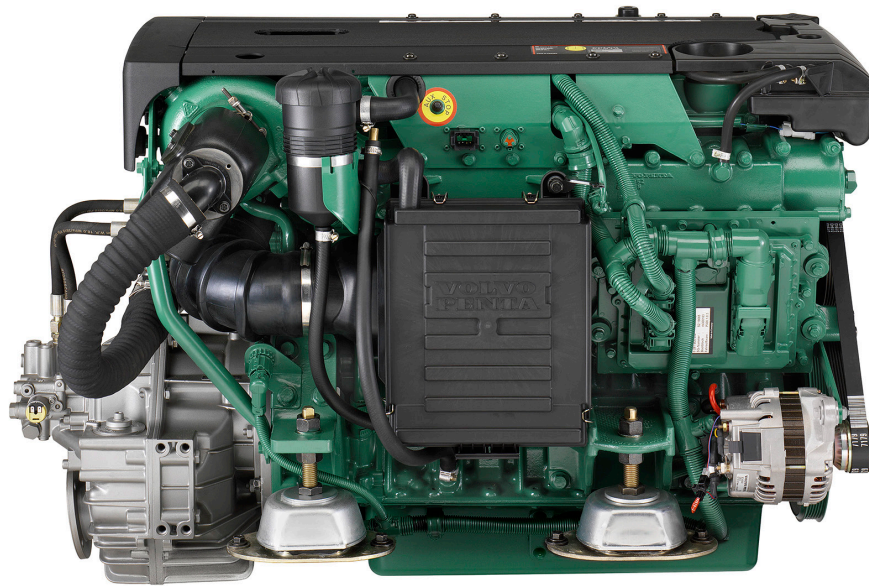
Autor: PABLO ENRIQUE GONZÁLEZ SÁNCHEZ

Firma:



ANEXO III. Planos Propulsor y Motor

D4-260

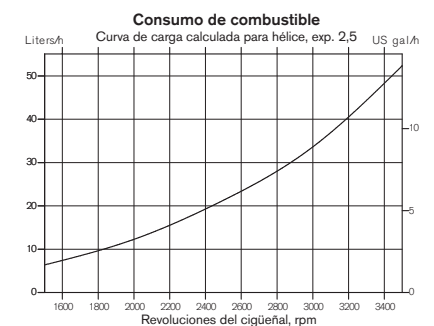
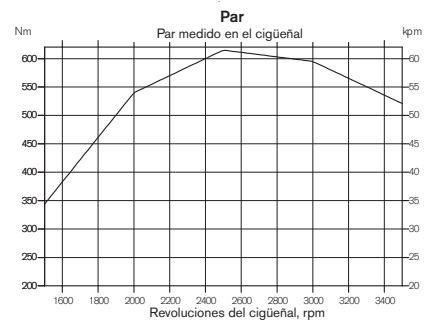
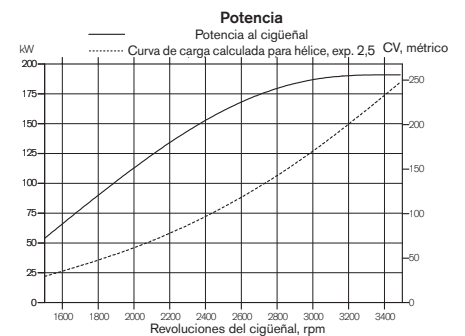


Datos técnicos

Modelo	D4-260 I
Potencia al cigüeñal, kW (CV)	191 (260)
Potencia al eje de la hélice, kW (CV)	186 (253)
Revoluciones, rpm	3500
Cilindrada, l	3.7
Número de cilindros	4
Diámetro cilindros/carrera, mm	103/110
Relación de compresión	17.5:1
Peso en seco con HS63AE, kg	558
Ratio HS63AE	2.52:1, 2.04:1, 1.56:1
Ratio HS63IVE	2.48:1, 1.99:1, 1.56:1
Ratio ZF63	2.78:1
Límites de emisiones	IMO NOx, EU RCD, US EPA Tier 3
Potencia	R5*

Datos técnicos según ISO 8665. El poder calorífico inferior del combustible es de 42.700 kJ/kg y la densidad de 840 g/litro a 15°C. Combustibles comerciales pueden desviarse de esta especificación, lo que influirá la potencia y el consumo de combustible.

*R5. Para aplicaciones en embarcaciones de recreo. También puede usarse para embarcaciones planeadoras de alta velocidad en aplicaciones comerciales



**VOLVO
PENTA**

D4-260

Descripción técnica:

Motor y bloque

- Bloque y culata de hierro de fundición para una buena resistencia a la corrosión y larga duración
- Refuerzos escalonados del bloque y ejes equilibradores combinados
- Tecnología de cuatro válvulas con ajustadores hidráulicos
- Doble árbol de levas en cabeza
- Pistones refrigerados por aceite, con dos aros de compresión y uno rascador
- Camisas integradas
- Asientos de válvula intercambiables
- Cigüeñal de cinco apoyos
- Distribución posterior

Suspensión del motor

- Suspensión elástica

Sistema de lubricación

- Filtro de aceite de paso total y by-pass fácilmente sustituible
- Enfriador de aceite tipo tubular, refrigerado por agua salada

Sistema de combustible

- Sistema de inyección common-rail

- Unidad de control para procesar la inyección
- Filtro fino con separador de agua

Sistema de admisión y escape

- Filtro de aire con cartucho sustituible
- Ventilación del cárter al sistema de admisión
- Codo o deflector de escape
- Turbocompresor refrigerado por agua dulce
- Alarma, de agua salada

Sistema de refrigeración

- Refrigeración por agua dulce con regulación termostática
- Intercambiador de calor tubular con un gran depósito de expansión separado
- Sistema de refrigeración preparado para toma de agua caliente
- Rodete de bomba de agua fácilmente accesible

Sistema eléctrico

- Bipolar, de 12V
- Alternador de 115A adaptado a uso marino con diodos zener para proteger contra aumentos de tensión y integrado regulador de carga con sensor de batería para compensar caídas de tensión
- Fusibles con reajuste automático

- Mecanismo de paro eléctrico

Instrumentos/mandos

- Paquetes completos de instrumentos/display, que incluyen la "e-key", la llave electrónica de Volvo Penta
- Mando electrónico para acelerador y cambio de marcha
- Conexiones eléctricas del tipo enchufe

Inversor

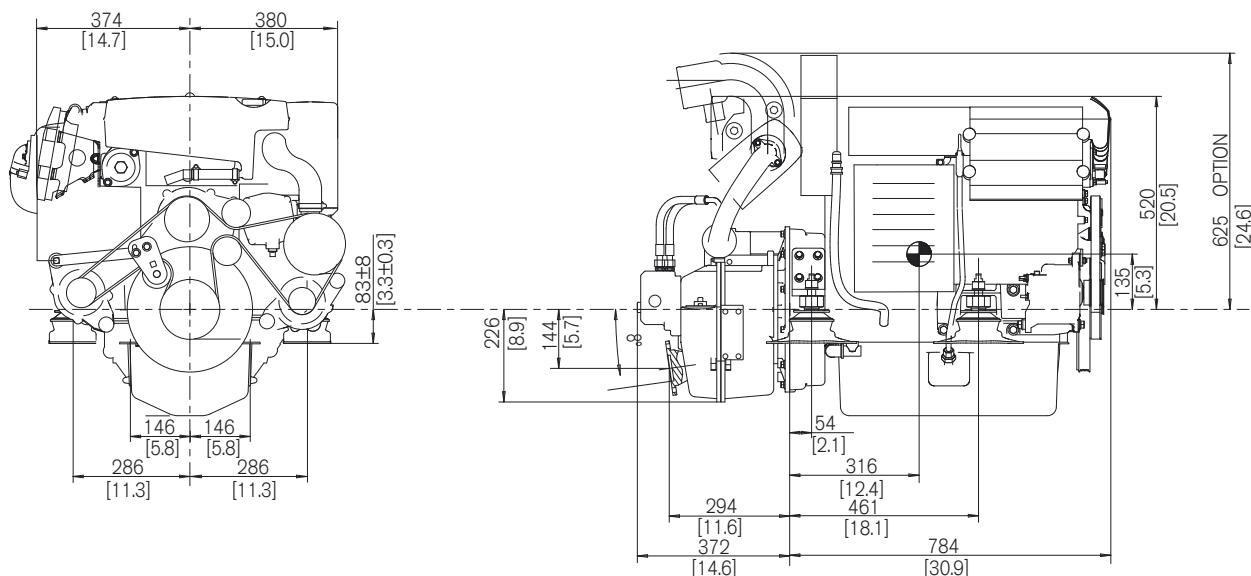
- Salida decalada y en ángulo de 8° para instalaciones compactas. V-drive disponible.
- Engranajes helicoidales para un funcionamiento más suave a cualquier velocidad
- Embrague de accionamiento hidráulico para cambios suaves
- Cambio de marcha electrónico por válvulas electromagnéticas
- Durante la navegación a vela, el eje de la hélice puede girar durante 24 horas sin que arranque el motor
- Enfriador de aceite refrigerado por agua salada
- Low Speed (opcional)

Opción

Kit de U.S.C.G./MED (SOLAS) disponible

Dimensiones D4-260/HS63AE

No para instalación



Más información

Póngase en contacto con su concesionario más cercano de Volvo Penta si desea más información sobre los motores y los equipos/accesorios optativos Volvo Penta, o vaya a la página www.volvopenta.com



IOS



Android

Descargue la aplicación de localizador de concesionario Volvo Penta para su Iphone o Android

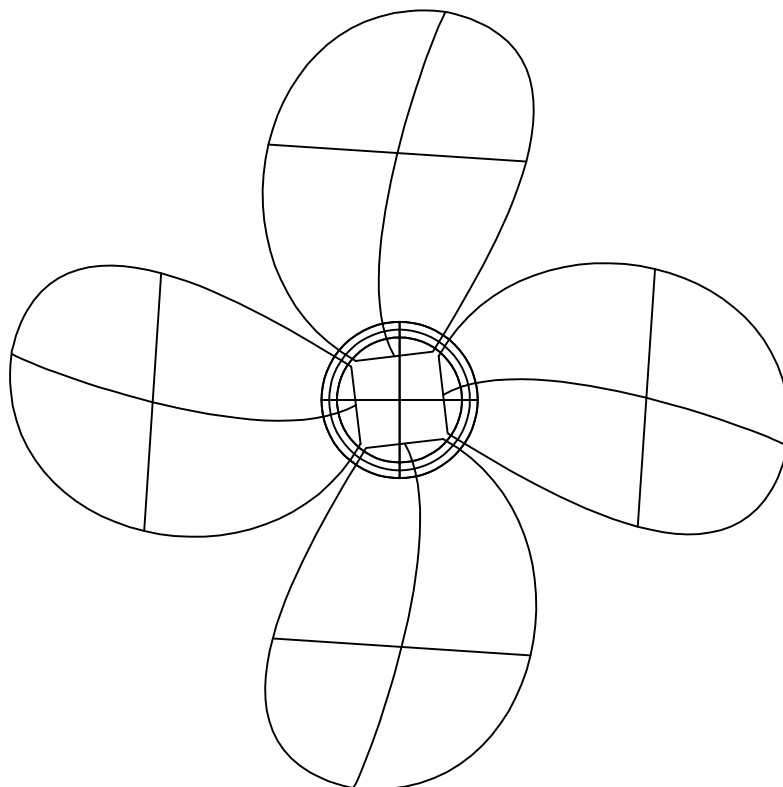
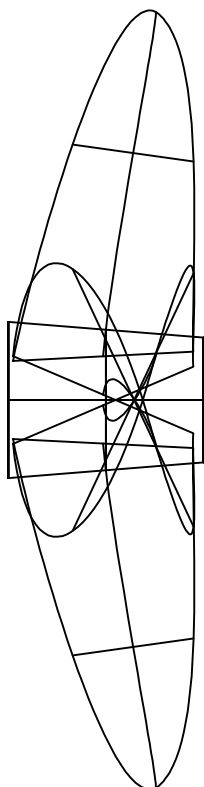
VOLVO PENTA

AB Volvo Penta

SE-405 08 Göteborg, Sweden
www.volvopenta.com

No todos los modelos, equipamiento de serie y accesorios están disponibles en todos los países. Las especificaciones pueden modificarse sin previo aviso.

Las especificaciones del motor ilustrado pueden discrepar algo de las de serie.



Escola Politécnica Superior
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Proyecto N°: 14-106

Proyecto: VELERO OCEÁNICO DE 60 PIÉS DE ESLORA

Fecha: SEP 2014

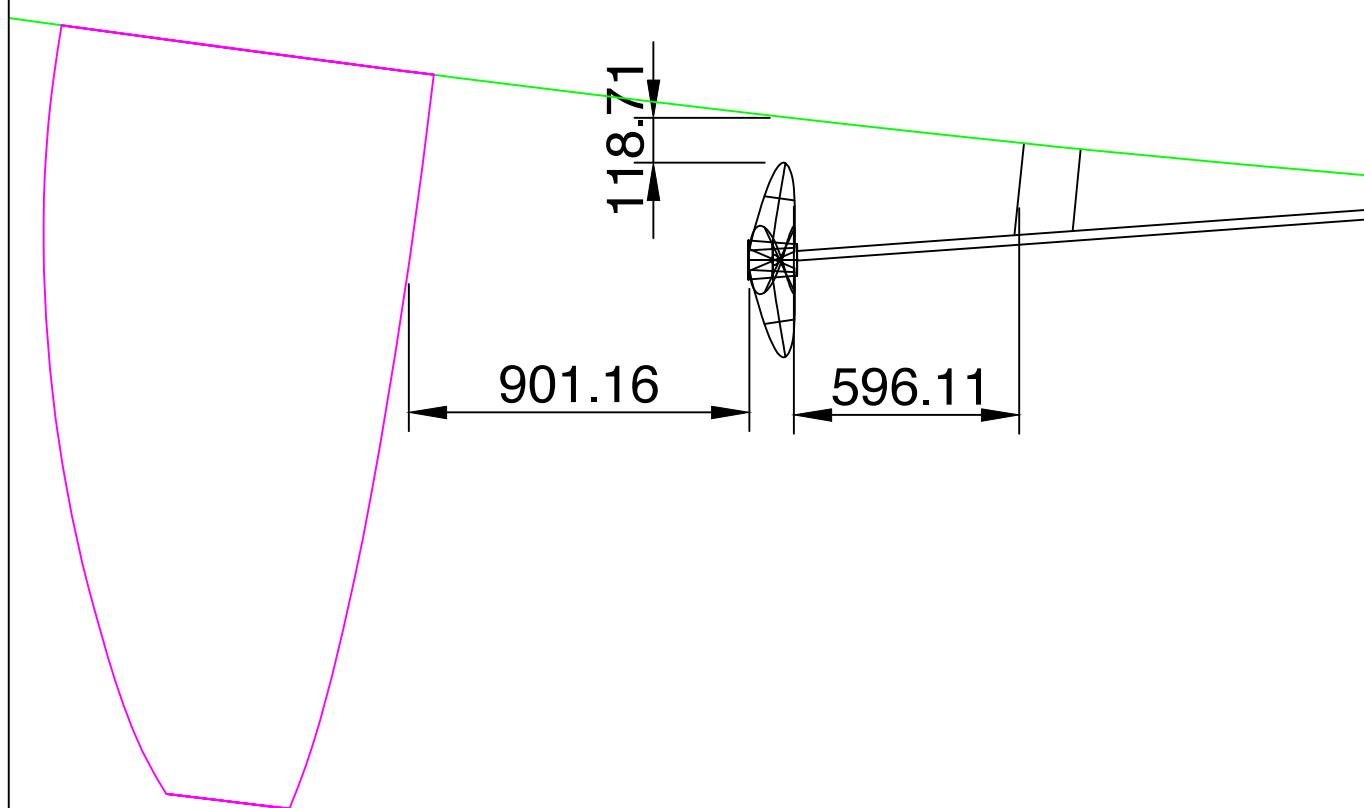
Título del Plano: Propulsor

Plano N°: 03

ESCALA 1:5

Autor: PABLO ENRIQUE GONZÁLEZ SÁNCHEZ

Firma:



Escola Politécnica Superior
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Proyecto N°: 14-106

Proyecto: VELERO OCEÁNICO DE 60 PIÉS DE ESLORA

Fecha: SEP 2014

Título del Plano: Claras de Propulsor

Plano N°: 02

ESCALA 1:20

Autor: PABLO ENRIQUE GONZÁLEZ SÁNCHEZ

Firma:

ANEXO IV. Reportes resultado programa NavCad

Resistance

4 sep 2014 10:29

HydroComp NavCad 2012

Project ID **Velero 60**

Description

File name **velero60.hcnc**

Analysis parameters

Vessel drag		ITTC-78 (CT)	Added drag	
Technique:	[Calc]	Prediction	Appendage:	[Calc] Percentage
Prediction:		Delft Series (1/2/3)	Wind:	[Off]
Reference ship:			Seas:	[Off]
Model LWL:			Shallow/channel:	[Off]
Expansion:		Standard	Margin:	[Calc] Hull + added drag [8%]
Friction line:		ITTC-57	Water properties	
Hull form factor:	[On]	1,282	Water type:	Salt
Speed corr:	[Off]		Density:	1026,00 kg/m3
Spray drag corr:	[Off]		Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Corr allowance:		ITTC-78 (v2008)		
Roughness [mm]:	[On]	0,15		

Prediction method check [Delft Series (1/2/3)]

Parameters	FN [design]	CVOL	CP	LWL/BWL	BWL/T	XCB/LWL	CWP	CP/CWP
Value	0,41	6,16	0,54	4,09	5,82	0,540*	0,68	0,801
Range	0,13-0,45	4,34-7,51	0,52-0,60	2,73-5,00	2,46-19,32	0,434-0,500	0,58-0,73	0,798-0,842

Prediction results

SPEED [kt]	SPEED COEFS		ITTC-78 COEFS						
	FN	FV	RN	CF	[CV/CF]	CR	dCF	CA	CT
4,00	0,163	0,404	2,82e7	0,002524	1,282	0,000071	0,000000	0,000811	0,004118
5,00	0,203	0,505	3,53e7	0,002437	1,282	0,000547	0,000000	0,000857	0,004528
6,00	0,244	0,606	4,23e7	0,002369	1,282	0,001327	0,000000	0,000888	0,005252
7,00	0,285	0,707	4,94e7	0,002314	1,282	0,002026	0,000000	0,000911	0,005903
8,00	0,325	0,808	5,65e7	0,002267	1,282	0,003522	0,000000	0,000929	0,007357
9,00	0,366	0,908	6,35e7	0,002227	1,282	0,006723	0,000000	0,000942	0,010521
+ 10,00 +	0,407	1,009	7,06e7	0,002193	1,282	0,010296	0,000000	0,000953	0,014060
11,00	0,447	1,110	7,76e7	0,002162	1,282	0,014423	0,000000	0,000961	0,018156
RESISTANCE AND EFFECTIVE POWER									
SPEED [kt]	RBARE [kN]	RAPP [kN]	RWIND [kN]	RSEAS [kN]	RCHAN [kN]	RMARGIN [kN]	RTOTAL [kN]	PEBARE [kW]	PETOTAL [kW]
4,00	0,45	0,02	0,00	0,00	0,00	0,04	0,51	0,9	1,1
5,00	0,78	0,04	0,00	0,00	0,00	0,07	0,88	2,0	2,3
6,00	1,30	0,06	0,00	0,00	0,00	0,11	1,47	4,0	4,5
7,00	1,98	0,10	0,00	0,00	0,00	0,17	2,25	7,1	8,1
8,00	3,23	0,16	0,00	0,00	0,00	0,27	3,66	13,3	15,1
9,00	5,84	0,29	0,00	0,00	0,00	0,49	6,62	27,0	30,7
+ 10,00 +	9,64	0,48	0,00	0,00	0,00	0,81	10,93	49,6	56,2
11,00	15,06	0,75	0,00	0,00	0,00	1,26	17,08	85,2	96,6
OTHER									
SPEED [kt]	CTLR	CTLT							
4,00	0,00156	0,09126							
5,00	0,01212	0,10034							
6,00	0,02941	0,11640							
7,00	0,04489	0,13082							
8,00	0,07804	0,16304							
9,00	0,14900	0,23316							
+ 10,00 +	0,22817	0,31158							
11,00	0,31963	0,40236							

Resistance

4 sep 2014 10:29

HydroComp NavCad 2012

Project ID **Velero 60**

Description

File name **velero60.hcnc**

Hull data

General		Planing	
Configuration:	Monohull	<i>Proj chine length:</i>	0,000 m
Chine type:	Round/multiple	<i>Proj bottom area:</i>	0,0 m2
Length on WL:	16,312 m	<i>LCG fwd TR:</i>	[XCG/LP 0,000] 0,000 m
Max beam on WL:	[LWL/BWL 4,085] 3,993 m	<i>VCG below WL:</i>	0,000 m
Max molded draft:	[BWL/T 5,821] 0,686 m	<i>Aft station (fwd TR):</i>	0,000 m
Displacement:	[CB 0,416] 19,06 t	<i>Chine beam:</i>	0,000 m
Wetted surface:	[CWS 7,197] 50,5 m2	<i>Chine ht below WL:</i>	0,000 m
ITTC-78 (CT)		<i>Deadrise:</i>	0,00 deg
LCB fwd TR:	[XCB/LWL 0,540] 8,812 m	<i>Fwd station (fwd TR):</i>	0,000 m
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,498] 8,126 m	<i>Chine beam:</i>	0,000 m
Max section area:	[CX 0,763] 2,1 m2	<i>Chine ht below WL:</i>	0,000 m
Waterplane area:	[CWP 0,680] 44,3 m2	<i>Deadrise:</i>	0,00 deg
Bulb section area:	0,0 m2	<i>Propulsor type:</i>	Propeller
Bulb ctr below WL:	0,000 m	<i>Propeller diameter</i>	550,0 mm
Bulb nose fwd TR:	0,000 m	<i>Shaft angle to WL:</i>	0,00 deg
Transom area:	[ATR/AX 0,000] 0,0 m2	<i>Position fwd TR:</i>	0,000 m
Transom beam WL:	[BTR/BWL 0,000] 0,000 m	<i>Position below WL:</i>	0,000 m
Transom immersion:	[TTR/T 0,000] 0,000 m		
Half entrance angle:	19,00 deg		
Bow shape factor:	[WL flow] 1,0		
Stern shape factor:	[WL flow] 1,0		

Resistance

4 sep 2014 10:29

HydroComp NavCad 2012

Project ID **Velero 60**

Description

File name **velero60.hcnc**

Appendage data

General		Skeg/Keel	
Definition:	Percentage	Count:	0
Percent of hull drag:	5,00 %	Type:	Skeg
Planing influence		Mean length:	0,000 m
LCE fwd TR:	0,000 m	Mean width:	0,000 m
VCE below WL:	0,000 m	Height aft:	0,000 m
Shafting		Height mid:	0,000 m
Count:	1	Height fwd:	0,000 m
Max prop diam:	550,0 mm	Projected area:	0,0 m2
Shaft angle to WL:	0,00 deg	Wetted surface:	0,0 m2
Exposed shaft length:	0,000 m	Stabilizer	
Shaft diameter:	0,000 m	Count:	0
Wetted surface:	0,0 m2	Root chord:	0,000 m
Strut bossing length:	0,000 m	Tip chord:	0,000 m
Bossing diameter:	0,000 m	Span:	0,000 m
Wetted surface:	0,0 m2	T/C ratio:	0,000
Hull bossing length:	0,000 m	LE sweep:	0,00 deg
Bossing diameter:	0,000 m	Wetted surface:	0,0 m2
Wetted surface:	0,0 m2	Projected area:	0,0 m2
Strut (per shaft line)		Dynamic multiplier:	1,00
Count:	0	Bilge keel	
Root chord:	0,000 m	Count:	0
Tip chord:	0,000 mm	Mean length:	0,000 m
Span:	0,000 m	Mean base width:	0,000 m
T/C ratio:	0,000	Mean projection:	0,000 m
Projected area:	0,0 m2	Wetted surface:	0,0 m2
Wetted surface:	0,0 m2	Tunnel thruster	
Exposed palm depth:	0,000 m	Count:	0
Exposed palm width:	0,000 m	Diameter:	0,000 m
Rudder		Sonar dome	
Count:	0	Count:	0
Rudder location:	Behind propeller	Wetted surface:	0,0 m2
Type:	Balanced foil	Miscellaneous	
Root chord:	0,000 m	Count:	0
Tip chord:	0,000 m	Drag area:	0,0 m2
Span:	0,000 m	Drag coef:	0,00
T/C ratio:	0,000		
LE sweep:	0,00 deg		
Projected area:	0,0 m2		
Wetted surface:	0,0 m2		

Environment data

Wind		Seas	
Wind speed:	0,00 kt	Significant wave ht:	0,000 m
Angle off bow:	0,00 deg	Modal wave period:	0,0 sec
Gradient correction:	Off	Shallow/channel	
Exposed hull		Water depth:	0,000 m
Transverse area:	0,0 m2	Type:	Shallow water
VCE above WL:	0,000 m	Channel width:	0,000 m
Profile area:	0,0 m2	Channel side slope:	0,00 deg
Superstructure		Hull girth:	0,000 m
Superstructure shape:	Cargo ship		
Transverse area:	0,0 m2		
VCE above WL:	0,000 m		
Profile area:	0,0 m2		

Resistance

4 sep 2014 10:29

HydroComp NavCad 2012

Project ID **Velero 60**

Description

File name **velero60.hcnc**

Symbols and values

FN = Froude number [LWL]
FV = Froude number [VOL]
RN = Reynolds number [LWL]
CF = Frictional resistance coefficient
CV/CF = Viscous/frictional resistance coefficient ratio [dynamic form factor]
CR = Residuary resistance coefficient
dCF = Added frictional resistance coefficient for roughness
CA = Correlation allowance [dynamic]
CT = Total bare-hull resistance coefficient

RBARE = Bare-hull resistance
RAPP = Additional appendage resistance
RWIND = Additional wind resistance
RSEAS = Additional sea-state resistance
RCHAN = Additional shallow/channel resistance
RMARGIN = Resistance margin
RTOTAL = Total vessel resistance

CTLR = Telfer residuary resistance coefficient
CTLT = Telfer total bare-hull resistance coefficient
PEBARE = Bare-hull effective power
PETOTAL = Total effective power

+ = Design speed indicator
* = Exceeds parameter limit

Propulsion

4 sep 2014 10:31

HydroComp NavCad 2012

Project ID **Velero 60**

Description

File name **velero60.hcnc**

Analysis parameters

Hull-propulsor interaction		System analysis	
Technique:	Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn
Prediction:	[Calc] Holtrop	Analysis type:	Free run
Reference ship:		CPP method:	
Max prop diam:	550,0 mm	Engine RPM:	
Corrections		Mass multiplier:	
Viscous scale corr:	[On] Standard	RPM constraint:	
Rudder location:	Behind propeller	Limit [RPM/s]:	
Friction line:	ITTC-57	Water properties	
Hull form factor:	1,282	Water type:	Salt
Corr allowance:	ITTC-78 (v2008)	Density:	1026,00 kg/m3
Roughness [mm]:	[Off] 0,15	Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Ducted prop corr:	[Off]		
Tunnel stern corr:	[Off]		
Effective diam:			
Recess depth:			

Prediction method check [Holtrop]

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T
Value	0,41	0,54	4,09	5,82*
Range	0,06÷0,80	0,55÷0,85	3,90÷14,90	2,10÷4,00

Prediction results [System]

SPEED [kt]	HULL-PROPULSOR				ENGINE		
	PETOTAL [kW]	WFT	THD	EFFR	RPMENG [RPM]	PBPROP [kW]	
4,00	1,1	0,3519	0,2396	0,9639	823	2,0	
5,00	2,3	0,3458	0,2396	0,9639	1068	4,7	
6,00	4,5	0,3410	0,2396	0,9639	1354	9,8	
7,00	8,1	0,3371	0,2396	0,9639	1650	18,2	
8,00	15,1	0,3339	0,2396	0,9639	2050	36,5	
9,00	30,7	0,3311	0,2396	0,9639	2654	84,3	
+ 10,00 +	56,2	0,3287	0,2396	0,9639	3320	172,6	
11,00	96,6	0,3266	0,2396	0,9639	4068	328,2	
SPEED [kt]	POWER DELIVERY						TRANSP
	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN·m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	
4,00	317	0,06	2,0	2,0	2,0	2,0	188,0
5,00	411	0,10	4,5	4,7	4,7	4,7	102,9
6,00	521	0,17	9,5	9,8	9,8	9,8	58,8
7,00	635	0,26	17,7	18,2	18,2	18,2	37,0
8,00	789	0,41	35,4	36,5	36,5	36,5	21,1
9,00	1022	0,74	81,8	84,3	84,3	84,3	10,3
+ 10,00 +	1279	1,21	167,4	172,6	172,6	172,6	5,6
11,00	1567	1,87	318,4	328,2	328,2	328,2	3,2
SPEED [kt]	EFFICIENCY		THRUST				
	EFFO	EFFOA	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]			
4,00	0,4695	0,5151	0,67	0,51			
5,00	0,4458	0,4844	1,16	0,88			
6,00	0,4283	0,4621	1,93	1,47			
7,00	0,4146	0,4446	2,96	2,25			
8,00	0,3870	0,4130	4,81	3,66			
9,00	0,3421	0,3636	8,71	6,62			
+ 10,00 +	0,3076	0,3258	14,37	10,93			
11,00	0,2789	0,2944	22,46	17,08			

Propulsion

4 sep 2014 10:31

HydroComp NavCad 2012

Project ID **Velero 60**

Description

File name **velero60.hcnc**

Prediction results [Propulsor]

	PROPULSOR COEFS								
SPEED [kt]	J	KT	KQ	KTJ2	KQJ3	CTH	CP	RNPROP	
4,00	0,4589	0,2569	0,03996	1,2202	0,4136	3,1072	6,8655	1,83e6	
5,00	0,4463	0,2622	0,04179	1,3164	0,46996	3,3521	7,801	2,37e6	
6,00	0,4257	0,2727	0,04313	1,5048	0,55914	3,8321	9,2813	3,00e6	
7,00	0,4098	0,2807	0,04417	1,6716	0,64176	4,2567	10,653	3,65e6	
8,00	0,3789	0,2962	0,04615	2,0631	0,84856	5,2536	14,085	4,53e6	
9,00	0,3306	0,3198	0,04919	2,9262	1,3613	7,4515	22,596	5,84e6	
+ 10,00 +	0,2947	0,3371	0,05139	3,8824	2,0088	9,8865	33,345	7,30e6	
11,00	0,2654	0,3509	0,05314	4,9821	2,8433	12,687	47,197	8,93e6	
	CAVITATION								
SPEED [kt]	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
4,00	114,72	24,16	4,79	9,13	0,253	2,70	2,0	2,0	381,9
5,00	72,04	14,35	2,85	11,85	0,291	4,64	2,0	2,0	378,8
6,00	49,30	8,93	1,78	15,01	0,353	7,75	2,0	2,0	374,4
7,00	35,80	6,01	1,20	18,30	0,433	11,85	2,0	2,0	371,1
8,00	27,14	3,90	0,78	22,73	0,580	19,29	2,0	2,0	364,7
9,00	21,27	2,32	0,47	29,43	0,888	34,92	4,8	4,8	355,2
+ 10,00 +	17,11	1,49	0,30	36,82	1,335	57,61 !!	13,8	13,8	348,4
11,00	14,05	0,99	0,20	45,11	1,973	90,02 !!	37,1 !!	37,1	343,0

Propulsion

4 sep 2014 10:31

HydroComp NavCad 2012

Project ID **Velero 60**

Description

File name **velero60.hcnc**

Hull data

General		Planing	
Configuration:	Monohull	Proj chine length:	0,000 m
Chine type:	Round/multiple	Proj bottom area:	0,0 m2
Length on WL:	16,312 m	LCG fwd TR:	[XCG/LP 0,000] 0,000 m
Max beam on WL:	[LWL/BWL 4,085] 3,993 m	VCG below WL:	0,000 m
Max molded draft:	[BWL/T 5,821] 0,686 m	Aft station (fwd TR):	0,000 m
Displacement:	[CB 0,416] 19,06 t	Chine beam:	0,000 m
Wetted surface:	[CWS 7,197] 50,5 m2	Chine ht below WL:	0,000 m
ITTC-78 (CT)		Deadrise:	0,00 deg
LCB fwd TR:	[XCB/LWL 0,540] 8,812 m	Fwd station (fwd TR):	0,000 m
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,498] 8,126 m	Chine beam:	0,000 m
Max section area:	[CX 0,763] 2,1 m2	Chine ht below WL:	0,000 m
Waterplane area:	[CWP 0,680] 44,3 m2	Deadrise:	0,00 deg
Bulb section area:	0,0 m2	Propulsor type:	Propeller
Bulb ctr below WL:	0,000 m	Propeller diameter	550,0 mm
Bulb nose fwd TR:	0,000 m	Shaft angle to WL:	0,00 deg
Transom area:	[ATR/AX 0,000] 0,0 m2	Position fwd TR:	0,000 m
Transom beam WL:	[BTR/BWL 0,000] 0,000 m	Position below WL:	0,000 m
Transom immersion:	[TTR/T 0,000] 0,000 m		
Half entrance angle:	19,00 deg		
Bow shape factor:	[WL flow] 1,0		
Stern shape factor:	[WL flow] 1,0		

Propulsor data

Propulsor		Propeller options	
Count:	1	Oblique angle corr:	Off
Propulsor type:	Propeller series	Shaft angle to WL:	0,00 deg
Propeller type:	FPP	Added rise of run:	0,00 deg
Propeller series:	B Series	Propeller cup:	0,0 mm
Propeller sizing:	By thrust	KTKQ corrections:	Standard
KTKQ file:		Scale correction:	Full ITTC
Blade count:	4	KT multiplier:	1,00
Expanded area ratio:	1,0499 [Size]	KQ multiplier:	1,00
Propeller diameter:	550,0 mm [Size]	Blade T/C [0.7R]:	Standard
Propeller mean pitch:	[P/D 0,9285] 510,7 mm [Size]	Roughness:	Standard
Hub immersion:	500,0 mm	Cav breakdown:	Off
Engine/gear		Nozzle L/D:	Standard
Engine data:	D4-260	Design condition	
Rated RPM:	0 RPM	Max prop diam:	550,0 mm
Rated power:	0,0 kW	Design speed:	10,00 kt
Gear efficiency:	1,00	Reference power:	191,0 kW
Gear ratio:	2,597 [Size]	Design point:	0,900
Shaft efficiency:	0,97	Reference RPM:	3200,0
		Design point:	1,030

Propulsion

4 sep 2014 10:31

HydroComp NavCad 2012

Project ID **Velero 60**

Description

File name **velero60.hcnc**

Symbols and values

SPEED = Vessel speed
FN = Froude number [LWL]
FV = Froude number [VOL]
PETOTAL = Total vessel effective power
WFT = Taylor wake fraction coefficient
THD = Thrust deduction coefficient
EFFR = Relative-rotative efficiency
RPMENG = Engine RPM
PBPROP = Brake power per propulsor

QPROP = Propulsor open water torque
PDPROP = Delivered power per propulsor
PSPROP = Shaft power per propulsor
PSTOTAL = Total vessel shaft power
PBTOTAL = Total vessel brake power
TRANSP = Transport factor
FUEL = Fuel rate per engine
LOADENG = Percentage of engine max available power at given RPM

RPMPROP = Propulsor RPM
EFO = Propulsor open-water efficiency
EFOA = Overall propulsion efficiency [=PETOTAL/PSTOTAL]
THRPROP = Open-water thrust per propulsor
DELTHR = Total vessel delivered thrust
NETTOW = Total vessel net tow pull
CPPITCH = Operational pitch of CPP

J = Propulsor advance coefficient
KT = Propulsor thrust coefficient [horizontal, if in oblique flow]
KQ = Propulsor torque coefficient
KTJ2 = Propulsor thrust loading ratio
KQJ3 = Propulsor torque loading ratio
CTH = Horizontal component of bare-hull resistance coefficient
CP = Propulsor thrust loading coefficient
RNPROP = Propeller Reynolds number at 0.7R
KTN = Nozzle thrust coefficient

SIGMAV = Cavitation number of propeller by vessel speed
SIGMAN = Cavitation number of propeller by RPM
SIGMA07R = Cavitation number of blade section at 0.7R
TIPSPEED = Propeller circumferential tip speed
MINBAR = Minimum expanded blade area ratio recommended by selected cavitation criteria
PRESS = Average propeller loading pressure
CAVAVG = Average predicted back cavitation percentage
CAVMAX = Peak predicted back cavitation percentage [if in oblique flow]
PITCHFC = Minimum recommended pitch to avoid face cavitation

+ = Design speed indicator
* = Exceeds recommended parameter limit
! = Exceeds recommended cavitation criteria [warning]
!! = Substantially exceeds recommended cavitation criteria [critical]
!!! = Thrust breakdown is indicated [severe]
--- = Insignificant or not applicable

Propulsion

4 sep 2014 10:32

HydroComp NavCad 2012

Project ID **Velero 60**

Description

File name **velero60.hcnc**

Analysis parameters

Hull-propulsor interaction		System analysis	
Technique:	Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn
Prediction:	[Calc] Holtrop	Analysis type:	Free run
Reference ship:		CPP method:	
Max prop diam:	550,0 mm	Engine RPM:	
Corrections		Mass multiplier:	
Viscous scale corr:	[On] Standard	RPM constraint:	
Rudder location:	Behind propeller	Limit [RPM/s]:	
Friction line:	ITTC-57	Water properties	
Hull form factor:	1,282	Water type:	Salt
Corr allowance:	ITTC-78 (v2008)	Density:	1026,00 kg/m3
Roughness [mm]:	[Off] 0,15	Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Ducted prop corr:	[Off]		
Tunnel stern corr:	[Off]		
Effective diam:			
Recess depth:			

Prediction method check [Holtrop]

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T
Value	0,41	0,54	4,09	5,82*
Range	0,06÷0,80	0,55÷0,85	3,90÷14,90	2,10÷4,00

Prediction results [System]

	HULL-PROPULSOR				ENGINE				
SPEED [kt]	PETOTAL [kW]	WFT	THD	EFFR	RPMENG [RPM]	PBPROP [kW]	FUEL [L/h]	LOADENG [%]	
4,00	1,1	0,3519	0,2396	0,9639	818	2,0	---	1,1	
5,00	2,3	0,3458	0,2396	0,9639	1062	4,7	---	2,4	
6,00	4,5	0,3410	0,2396	0,9639	1345	9,8	---	5,1	
7,00	8,1	0,3371	0,2396	0,9639	1640	18,2	---	9,5	
8,00	15,1	0,3339	0,2396	0,9639	2037	36,5	---	19,0	
9,00	30,7	0,3311	0,2396	0,9639	2637	84,3	---	43,9	
+ 10,00 +	56,2	0,3287	0,2396	0,9639	3300	172,6	---	89,9	
11,00	96,6	0,3266	0,2396	0,9639	4043	328,2	---	170,9	
	POWER DELIVERY								
SPEED [kt]	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN·m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP		
4,00	317	0,06	2,0	2,0	2,0	2,0	188,0		
5,00	412	0,10	4,5	4,7	4,7	4,7	102,9		
6,00	522	0,17	9,5	9,8	9,8	9,8	58,8		
7,00	636	0,26	17,7	18,2	18,2	18,2	37,0		
8,00	790	0,41	35,4	36,5	36,5	36,5	21,1		
9,00	1023	0,74	81,8	84,3	84,3	84,3	10,3		
+ 10,00 +	1280	1,20	167,4	172,6	172,6	172,6	5,6		
11,00	1568	1,87	318,3	328,2	328,2	328,2	3,2		
	EFFICIENCY		THRUST						
SPEED [kt]	EFFO	EFFOA	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]					
4,00	0,4695	0,5151	0,67	0,51					
5,00	0,4457	0,4844	1,16	0,88					
6,00	0,4283	0,4621	1,93	1,47					
7,00	0,4145	0,4446	2,96	2,25					
8,00	0,3869	0,4130	4,81	3,66					
9,00	0,3421	0,3636	8,71	6,62					
+ 10,00 +	0,3076	0,3258	14,37	10,93					
11,00	0,2789	0,2944	22,46	17,08					

Propulsion

4 sep 2014 10:32

HydroComp NavCad 2012

Project ID **Velero 60**

Description

File name **velero60.hcnc**

Prediction results [Propulsor]

	PROPULSOR COEFS								
SPEED [kt]	J	KT	KQ	KTJ2	KQJ3	CTH	CP	RNPROP	
4,00	0,4585	0,2565	0,03987	1,2202	0,41364	3,1072	6,8661	1,83e6	
5,00	0,4460	0,2618	0,04169	1,3164	0,47002	3,3521	7,802	2,37e6	
6,00	0,4253	0,2723	0,04303	1,5048	0,5592	3,8321	9,2823	3,00e6	
7,00	0,4095	0,2803	0,04406	1,6716	0,64181	4,2567	10,654	3,66e6	
8,00	0,3786	0,2957	0,04604	2,0631	0,84861	5,2536	14,086	4,53e6	
9,00	0,3303	0,3193	0,04907	2,9262	1,3613	7,4515	22,596	5,85e6	
+ 10,00 +	0,2944	0,3365	0,05127	3,8824	2,0088	9,8865	33,345	7,30e6	
11,00	0,2652	0,3503	0,05301	4,9821	2,8433	12,687	47,196	8,94e6	
	CAVITATION								
SPEED [kt]	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
4,00	114,72	24,12	4,78	9,14	0,253	2,70	2,0	2,0	381,6
5,00	72,04	14,33	2,85	11,86	0,291	4,64	2,0	2,0	378,5
6,00	49,30	8,92	1,78	15,02	0,353	7,75	2,0	2,0	374,1
7,00	35,80	6,00	1,20	18,32	0,433	11,85	2,0	2,0	370,8
8,00	27,14	3,89	0,78	22,75	0,580	19,29	2,0	2,0	364,4
9,00	21,27	2,32	0,47	29,45	0,888	34,92	4,8	4,8	354,9
+ 10,00 +	17,11	1,48	0,30	36,85	1,335	57,61 !!	13,7	13,7	348,1
11,00	14,05	0,99	0,20	45,15	1,973	90,02 !!	37,1 !!	37,1	342,7

Propulsion

4 sep 2014 10:32

HydroComp NavCad 2012

Project ID **Velero 60**

Description

File name **velero60.hcnc**

Hull data

General			Planing	
Configuration:	Monohull		Proj chine length:	0,000 m
Chine type:	Round/multiple		Proj bottom area:	0,0 m2
Length on WL:	16,312 m		LCG fwd TR:	[XCG/LP 0,000] 0,000 m
Max beam on WL:	[LWL/BWL 4,085]	3,993 m	VCG below WL:	0,000 m
Max molded draft:	[BWL/T 5,821]	0,686 m	Aft station (fwd TR):	0,000 m
Displacement:	[CB 0,416]	19,06 t	Chine beam:	0,000 m
Wetted surface:	[CWS 7,197]	50,5 m2	Chine ht below WL:	0,000 m
ITTC-78 (CT)			Deadrise:	0,00 deg
LCB fwd TR:	[XCB/LWL 0,540]	8,812 m	Fwd station (fwd TR):	0,000 m
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,498]	8,126 m	Chine beam:	0,000 m
Max section area:	[CX 0,763]	2,1 m2	Chine ht below WL:	0,000 m
Waterplane area:	[CWP 0,680]	44,3 m2	Deadrise:	0,00 deg
Bulb section area:		0,0 m2	Propulsor type:	Propeller
Bulb ctr below WL:		0,000 m	Propeller diameter	550,0 mm
Bulb nose fwd TR:		0,000 m	Shaft angle to WL:	0,00 deg
Transom area:	[ATR/AX 0,000]	0,0 m2	Position fwd TR:	0,000 m
Transom beam WL:	[BTR/BWL 0,000]	0,000 m	Position below WL:	0,000 m
Transom immersion:	[TTR/T 0,000]	0,000 m		
Half entrance angle:		19,00 deg		
Bow shape factor:	[WL flow]	1,0		
Stern shape factor:	[WL flow]	1,0		

Propulsor data

Propulsor			Propeller options	
Count:	1		Oblique angle corr:	Off
Propulsor type:	Propeller series		Shaft angle to WL:	0,00 deg
Propeller type:	FPP		Added rise of run:	0,00 deg
Propeller series:	B Series		Propeller cup:	0,0 mm
Propeller sizing:	By power		KTKQ corrections:	Standard
KTKQ file:			Scale correction:	Full ITTC
Blade count:	4		KT multiplier:	1,00
Expanded area ratio:	1,0499	[Size]	KQ multiplier:	1,00
Propeller diameter:	550,0 mm	[Size]	Blade T/C [0.7R]:	Standard
Propeller mean pitch:	[P/D 0,9275] 510,1 mm	[Size]	Roughness:	Standard
Hub immersion:	500,0 mm		Cav breakdown:	Off
Engine/gear			Nozzle L/D:	Standard
Engine data:	D4-260		Design condition	
Rated RPM:	3200 RPM		Max prop diam:	550,0 mm
Rated power:	192,0 kW		Design speed:	10,00 kt
Gear efficiency:	1,00		Reference power:	191,0 kW
Gear ratio:	2,579	[Size]	Design point:	0,900
Shaft efficiency:	0,97		Reference RPM:	3200,0
			Design point:	1,030

Propulsion

4 sep 2014 10:32

HydroComp NavCad 2012

Project ID **Velero 60**

Description

File name **velero60.hcnc**

Symbols and values

SPEED = Vessel speed
FN = Froude number [LWL]
FV = Froude number [VOL]
PETOTAL = Total vessel effective power
WFT = Taylor wake fraction coefficient
THD = Thrust deduction coefficient
EFFR = Relative-rotative efficiency
RPMENG = Engine RPM
PBPROP = Brake power per propulsor

QPROP = Propulsor open water torque
PDPROP = Delivered power per propulsor
PSPROP = Shaft power per propulsor
PSTOTAL = Total vessel shaft power
PBTOTAL = Total vessel brake power
TRANSP = Transport factor
FUEL = Fuel rate per engine
LOADENG = Percentage of engine max available power at given RPM

RPMPROP = Propulsor RPM
EFO = Propulsor open-water efficiency
EFOA = Overall propulsion efficiency [=PETOTAL/PSTOTAL]
THRPROP = Open-water thrust per propulsor
DELTHR = Total vessel delivered thrust
NETTOW = Total vessel net tow pull
CPPITCH = Operational pitch of CPP

J = Propulsor advance coefficient
KT = Propulsor thrust coefficient [horizontal, if in oblique flow]
KQ = Propulsor torque coefficient
KTJ2 = Propulsor thrust loading ratio
KQJ3 = Propulsor torque loading ratio
CTH = Horizontal component of bare-hull resistance coefficient
CP = Propulsor thrust loading coefficient
RNPROP = Propeller Reynolds number at 0.7R
KTN = Nozzle thrust coefficient

SIGMAV = Cavitation number of propeller by vessel speed
SIGMAN = Cavitation number of propeller by RPM
SIGMA07R = Cavitation number of blade section at 0.7R
TIPSPEED = Propeller circumferential tip speed
MINBAR = Minimum expanded blade area ratio recommended by selected cavitation criteria
PRESS = Average propeller loading pressure
CAVAVG = Average predicted back cavitation percentage
CAVMAX = Peak predicted back cavitation percentage [if in oblique flow]
PITCHFC = Minimum recommended pitch to avoid face cavitation

+ = Design speed indicator
* = Exceeds recommended parameter limit
! = Exceeds recommended cavitation criteria [warning]
!! = Substantially exceeds recommended cavitation criteria [critical]
!!! = Thrust breakdown is indicated [severe]
--- = Insignificant or not applicable

2014

Cuaderno 7

Disposición General

VELERO TIPO OCEÁNICO 60 PIES DE ESLORA



GRADO EN ARQUITECTURA NAVAL

Autor: **PABLO ENRIQUE GONZÁLEZ SÁNCHEZ**

Tutor: **MARCOS MÍGUEZ GONZÁLEZ**



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

PROYECTO FIN DE GRADO EN ARQUITECTURA NAVAL

CURSO 2.012-2013

PROYECTO NÚMERO 14-106

TIPO DE BUQUE: Velero tipo oceánico de 60 pies de eslora

MATERIAL DEL CASCO: Materiales compuestos

CLASIFICACIÓN , COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: Bureau Veritas, Solas, Reglamentación ISO-UNE.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Las específicas para este buque

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA : 10 nudos al 90% MCR. 350 millas.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA : Las habituales en este tipo de buques.

PROPULSIÓN : Vela + 1 motor diesel.

TRIPULACIÓN Y PASAJE : 8 tripulantes/pasajeros

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES : Un mástil y demás elementos para la navegación en este tipo de buque

Ferrol, Febrero de 2.013

ALUMNO : D:/D^a Pablo Enrique González Sánchez

OBJETIVO:

En el presente cuaderno se presentará una primera aproximación de la distribución de los espacios de habilitación de la embarcación.

Para ilustrarla se adjuntan planos en hojas de tamaño DIN A-4.

Los datos de partida de la embarcación son:

Eslora Total.....	18,00m
Eslora Flotación.....	16,31m
Manga.....	4,89m
Puntal.....	4,17 (2,03 sin apéndices) m
Calado	2,826 (0,686 sin apéndices) m
Desplazamiento.....	19865 kg
Cb.....	0,416
Cp.....	0,545
Cm.....	0,801
Superficie Véllica.....	202m ²
Número de Tripulantes.....	8 (2 tripulantes y 6 pasajeros)
Categoría de Navegación.....	A (Oceánica)

1	INTRODUCCIÓN.....	5
2	CONSIDERACIONES PARA LA DISPOSICIÓN GENERAL	6
2.1	ESPACIADO DE MAMPAROS Y CUADERNAS	6
2.2	DISPOSICIÓN DE LONGITUDINALES	7
2.3	CÁMARA DE MAQUINAS	7
2.4	TANQUES.....	8
2.5	OTROS ELEMENTOS	8
3	HABILITACIÓN	9
3.1	CAMAROTES.....	10
3.2	BAÑOS	14
3.3	SALÓN	15
3.4	COCINA	16
3.5	MESA DE NAVEGACIÓN	17
3.6	TAMBUCHO DE POPA.....	17
3.7	PAÑOL DE PROA.....	17
3.8	DISEÑO DE ESCALERAS	17
4	DISPOSICIÓN DE CUBIERTA.....	19
4.1	TIMONERÍA-BAÑERA.....	19
4.2	CORNAMUSAS	20
4.3	WINCHES Y MANIOBRA.....	20
4.4	ESCOTILLAS, PORTILLOS Y VENTANAS	21
5	DISTRIBUCIÓN INTERIOR.....	23
6	ERGONOMÍA	24
6.2.	DISEÑO ERGONÓMICO.....	24
6.1.1	<i>Dimensiones del cuerpo humano en distintas posiciones</i>	<i>25</i>
6.1.2	<i>Definición de conceptos de ergonomía.....</i>	<i>28</i>
7	BIBLIOGRAFÍA.....	34
ANEXO I

1 Introducción.

La disposición general de un velero rápido de 60 pies se centra en dos aspectos principales: la maniobra y equipo de seguridad en la cubierta principal, y la habilitación interior. En un barco de competición primará una maniobra altamente funcional sobre un equipo de seguridad y una habilitación con lo estrictamente necesario para cumplir con los reglamentos aplicables en regata. Nosotros intentaremos mezclar estas características de velero rápido con un alto confort interior sin olvidar las zonas exteriores.

Como ya comentamos en apartados anteriores, el barco tendrá una capacidad de 10 personas para zona de navegación 1, pero en los nuevos certificados de navegabilidad que se expiden a partir del 1 de enero del 2011, no se indica el número máximo de personas que pueden ir a bordo, si bien es responsabilidad del patrón respetar lo que diga el Certificado de Conformidad al respecto en relación con el material de seguridad que se tenga a bordo.

Después de estudiar el interior de multitud de barcos de vela de todo tipo de eslora y condición (bien sea crucero, crucero-regata o de alta competición), se puede comprobar que todo los barcos en lo que se refiere a sus interiores tienen tendones de Aquiles.

Aspectos importantes que hay que estudiar en este tipo de barcos, más llegando a una eslora importante como son los 60 pies, es el servicio que le vamos a dar al barco. Ese uso se tendrá que reflejar en el número de literas, el tipo de las mismas y las posibilidades de dormir en ellas bien sea en puerto o en el mar, en todo tipo de condiciones.

Otro aspecto es el confort y la luz que ha de tener el salón, a la hora de poder estar todos los tripulantes cómodos.

Así como corregir fallos que tienen todas las cocinas de los barcos, en lo que se refiere a la limpieza de las mismas (recovecos imposibles de limpiar), cocinas con cardan, para poder cocinar en cualquier condición. Se pueden tener detalles como que la nevera este lo más cerca de la entrada, para que sea fácil sacar las bebidas a bañera en plena navegación

Se tendrán que disponer cofres suficientes para estibar la balsa salvavidas, los cabos y las velas. Así como un buen reparto de armarios y cajones para que todo pueda ir bien estibado o trincado, en cualquier momento.

Se estudiara el alcance a distintos elementos, la visión sin obstáculos y el movimiento alrededor de los lugares habituales, evitando colocar bordes agudos salientes, que pudieran producir heridas a causa de movimientos apresurados o provocados por movimientos violentos debidos a la situación del mar.

2 Consideraciones para la disposición general

2.1 Espaciado de mamparos y cuadernas

Considerando la especificación de proyecto que nos indica que el casco ha de ser de material compuesto, vamos a decantarnos por una construcción de poliéster en sándwich. La cual necesita de menos refuerzos estructurales que la de uno en monolítico. Esto permite que la colocación de los mamparos transversales estructurales, pueda ir condicionada en función de la propia compartimentación de los espacios interiores, siempre teniendo en cuenta que la posición del mástil determinaba uno de ellos, así como la zona de la orza y del motor deberían ser tenidos en cuenta.

Los mamparos de separación de los camarotes y el salón pasaron a ser estructurales, siendo tan solo necesario colocar una cuaderna intermedia entre los dos mamparos estructurales que delimitaron el salón.

El mamparo situado a proa del pañol de proa será el mamparo de colisión, cumpliendo con las exigencias del Bureau Veritas sobre su distancia respecto a la roda, como se verá en el cuaderno de resistencia estructural.

Tanto el mamparo situado a proa de los camarotes de popa como el situado a popa de los de proa, tienen una zona curva que no trabaja estructuralmente.

Se adjunta un plano de las separaciones de cuadernas.

2.2 Disposición de longitudinales

Solo fue necesaria la colocación de un longitudinal a cada costado, bajo el suelo de habitación, posición que deja espacio para los refuerzos locales de orza, mástil y motor, y no perturba los espacios de habitación, cumpliendo perfectamente su cometido.

Se ha de aclarar que los mamparos longitudinales de separación de camarotes no son estructurales, así como los de baño y cocina.

La cubierta está diseñada con un tronco central para dar altura y luz a los espacios interiores. Este tronco central colabora a la resistencia longitudinal.

2.3 Cámara de maquinas

El motor se situó de forma que no hubiera interferencias entre hélice y pala del timón, y que no interfiera en los espacios de habitación, quedando debajo de las escaleras con un cajón de cierre (aislado acústicamente) y que tenga un fácil acceso al motor, tanto para mantenimientos, como para reparaciones.

Para que las interferencias de la hélice con el casco y con la pala fueran las mínimas simultáneamente, se le dio una inclinación a la línea de ejes de 8° (la máxima permitida por el motor seleccionado) y una longitud de 1.8 m.

2.4 Tanques

El tanque de combustible, que según estudios previos a de ser de 1000 litros, esta situado dividiéndolos en dos tanques de 500 litros, y posicionando cada uno de forma simétrica respecto a crujía debajo de las literas de popa, lugar en que favorece a la posición del centro de gravedad y donde tiene comunicación con el motor.

El tanque de agua dulce, que en este caso la especificación nos exige 750 litros, esta situado dividiéndolos en dos tanques de 375 litros, y posicionando cada uno de forma simétrica respecto a crujía debajo de las literas de proa.

Y cumpliendo los reglamentos actuales y teniendo que instalar tanques de aguas grises y negras, que son dos tanques de 165 litros cada uno, se sitúan en la zona central, bajo el suelo de habitación, próximo a la planta de tratamiento de aguas sucias

2.5 Otros elementos

Además de los elementos de habitación y de los que hemos ido detallando anteriormente, haremos una mención a la cuestión que plantea la ubicación de los siguientes elementos:

- Equipo eléctrico, incluyendo el cuadro, baterías y a veces generadores.
- Equipo de fondeo.
- Almacenamiento de velas.
- Almacenamiento de otros elementos de amarre como defensas y estachas.

- Elementos de seguridad y salvamento.
- Necesidad de plataforma de baño.
- Equipos de aire acondicionado, potabilizadora y agua caliente

3 Habitación

Estudiando las habitaciones de los barcos de 18 metros y incorporando mis criterios como usuario durante gran parte de mi vida, me decante por una disposición en que se cuentan con tres camarotes dobles, un camarote con literas, cada uno con un baño, una cocina y un salón en el que en caso de necesidad los sofás tengan dimensión para dormir cómodamente dos personas más.

Detalle disposición general de cubierta e interior

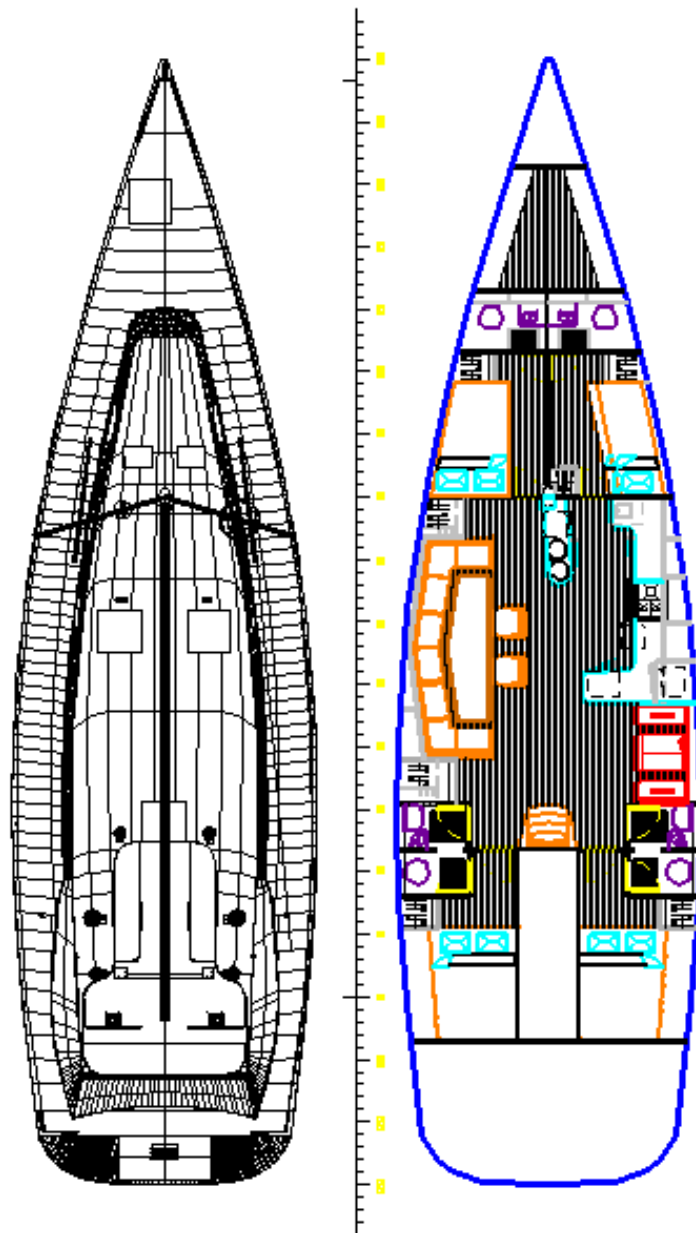


Figura 1.Planta de cubierta e interior barco

3.1 Camarotes

En todos los espacios interiores hay que considerar unos parámetros dentro de lo que denominamos ergonomía, en el que se tendrá en cuenta a la hora de diseñar el interior las dimensiones del cuerpo humano y sus movimientos. En el

Larsson podemos encontrar algunos parámetros, consideraciones que abarcaremos serán en los casos de literas o camas, tendremos:

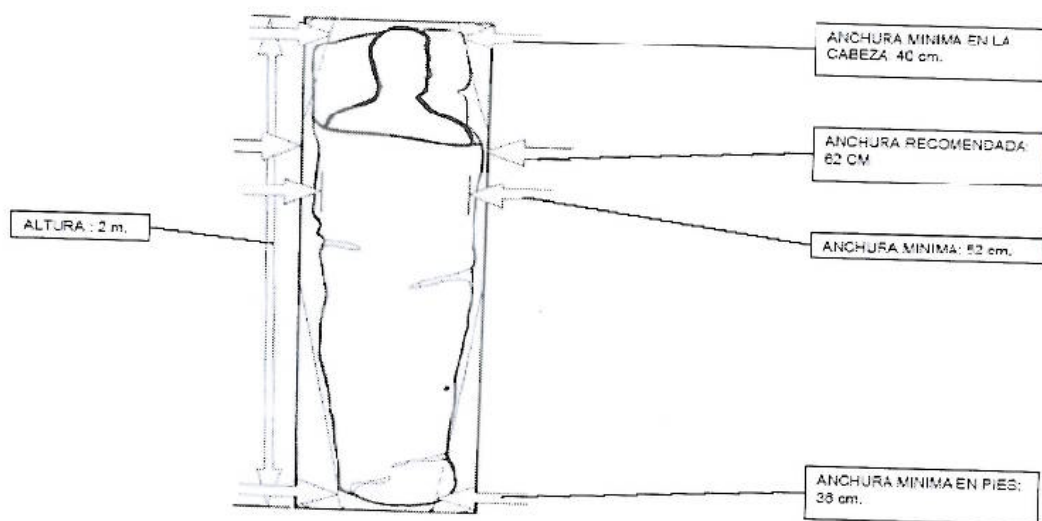


Figura 2.Consideraciones litera

Y en los casos de literas/asiento consideraremos:

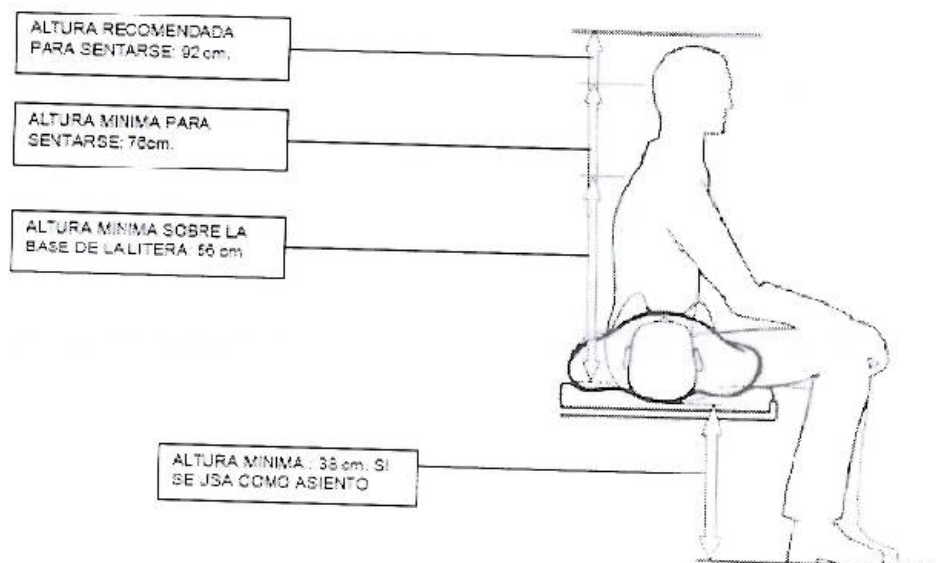
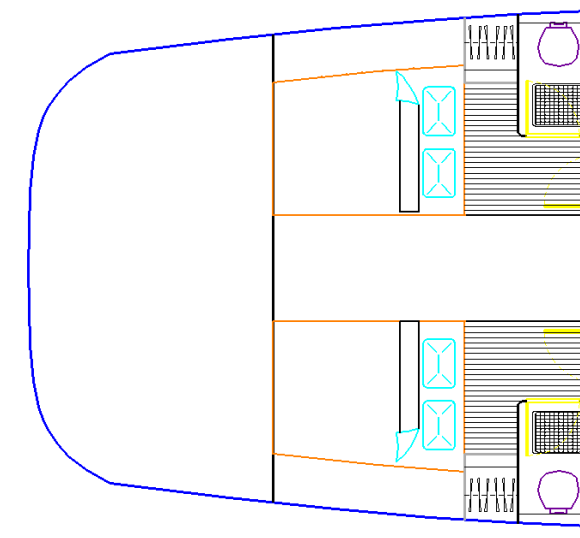


Figura 3.Consideraciones litera

Se diseñó el barco de forma que tenga cuatro camarotes dobles, dos dobles en la zona de popa y otro doble en la zona de proa y el otro que también es doble en la zona de popa pero se pusieron literas individuales.

En la parte de popa están los camarotes más grandes, uno a cada banda.

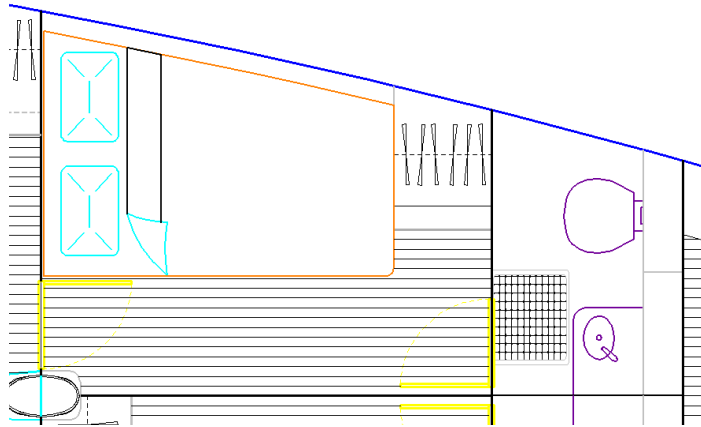


Los dos camarotes son simétricos desde crujía, cada uno tiene una cama de 1,5 m de ancho en la parte de la cabeza y 1,2 m en la parte de los pies, cuenta con un armario de cuerpo entero, y con un baño con ducha, lavabo e inodoro que se detallará en el apartado correspondiente.

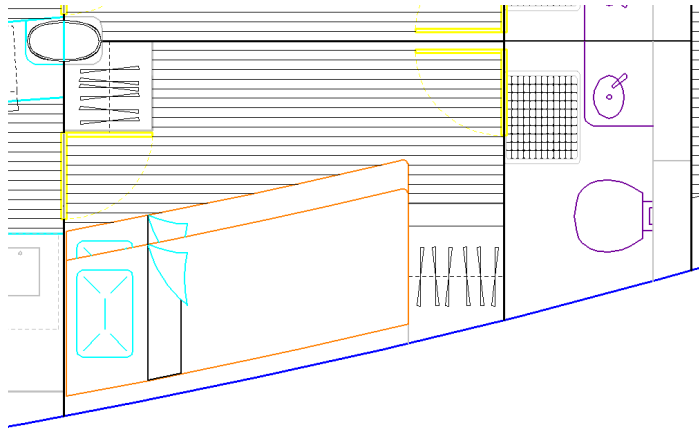
Detalles camarotes de popa

En proa tengo dos camarotes dobles más pero de características distintas:

Se trata de otro camarote con cama corrida, pero de dimensiones un poco mas pequeña, en la cabecera tengo 1,2 metros y en los pies 0,9 metros, también tiene armario de cuerpo entero y un aseo propio con ducha en el lavabo.



Detalle camarote proa babor



En este caso se configuro el camarote con literas independientes de 0,7 metros, también tiene dos armarios de cuerpo entero y un aseo propio con ducha en el lavabo.

Detalle camarote proa estribor

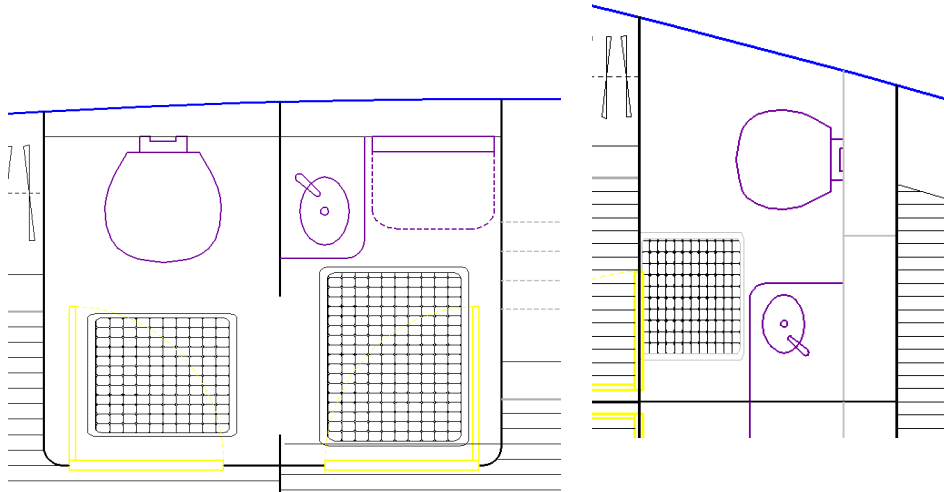
3.2 Baños

Para los baños se opto por el uso de unos inodoros eléctricos de bajo consumo.

Los depósitos de aguas negras y grises, estarán instalados debajo de estos espacios, de forma que al ser de plástico puedan ser desinstalados con relativa facilidad. Los baños de los camarotes de popas tienen ducha con banco abatible, y ambos pueden dar servicio al salón.

Mientras que los de proa por ser un poco más pequeños, la ducha esta integrada en el lavabo.

Además, todos los baños disponen grifos monomando con mitigador, armario de estiba, espejos, toallero, portavasos y soportes para papel higiénico.

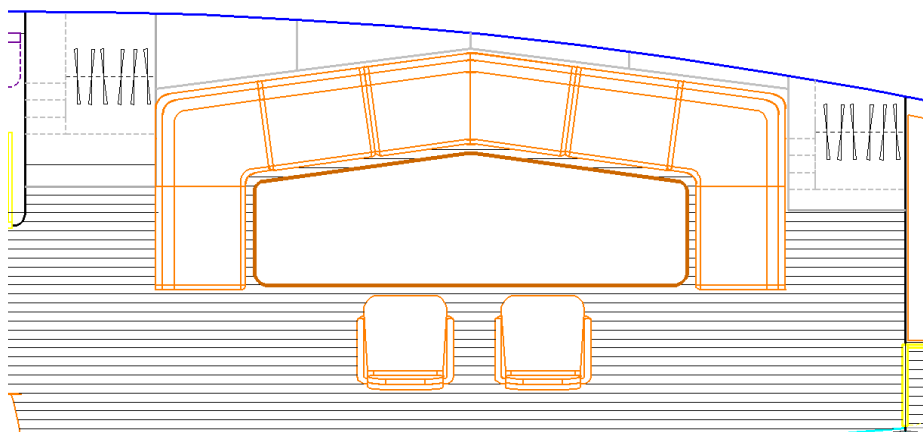


Detalle de baño de camarotes de popa

Detalle de baño camarotes de proa

3.3 Salón

En el salón dispusimos de un comedor, compuesto por un sofá en forma de U alrededor de la mesa y enfrente dos sillas, así se puede sentar cómodamente hasta diez personas, tenemos estantes para libros y estibas detrás del sofá a popa del mismo, se encuentra un armario bajo y el mamparo de proa está equipado con un monitor sintonizador de TV de LCD, un reproductor de DVD y un equipo de música de alta fidelidad (hi-fi). Todo con un sistema de altavoces 5.1 Dolby Digital, a popa del sofá en U se encuentra un armario grande, para trajes de agua y demás abrigos



Detalle del salón comedor

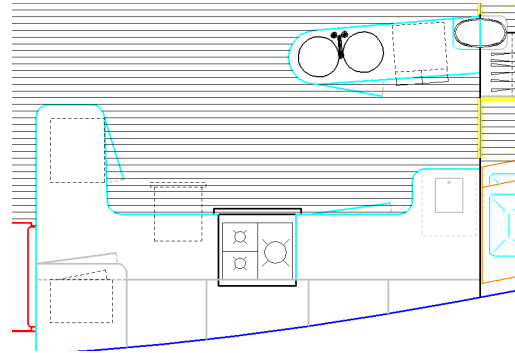
También tendrá una alta luminosidad debido a la disposición de escotillas y ventanales.

Se colocan unos pasamanos en el techo de forma que faciliten el acceso al interior.

3.4 Cocina

La cocina esta situada en la banda de estribor y dispondrá del siguiente equipamiento:

- Armarios altos y bajos con encimera en madera de teca.
- Cocina con cardan y con sujeta útiles, de tres fuegos con horno.
- Extractor de humos.
- Lavaplatos.
- Compactador de basura.
- Horno microondas.
- Lavadora secadora.
- Nevera con congelador

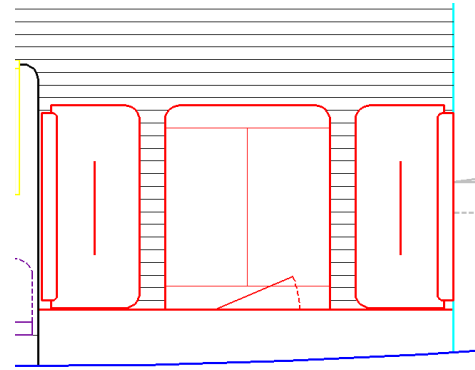


Detalle de cocina

3.5 Mesa de navegación

Esta situada en la banda de estribor y cuenta con la mesa donde se encuentran situados los equipos y los displays necesarios para la navegación y el cuadro eléctrico.

Se han dispuesto, asiento a ambos lados de la mesa, para poder elegir el lado cómodo según condiciones de navegación. Así como una mesa de tamaño lo suficientemente grande como para manejar con comodidad una carta de papel.



Detalle de la mesa de navegación

3.6 Tambucho de popa

En este espacio se usará como tambucho para la estiba de la balsa salvavidas, y en el diseño del mismo se preverá que se convierta cómodamente en la plataforma de baño.

Se dispondrá de una escalera plegable de inox, de una toma de corriente a tierra y de una ducha de agua dulce (con posibilidad de agua fría y agua caliente) para endulzarse después del baño.

3.7 Pañol de proa

En la parte de proa, limitado por los baños de mas a proa y el pique de proa, se ha instalado un pañol, está instalada la caja de cuadernas, y que servirá para estibar distintos objetos, como las velas, y que en algún momento habría espacio suficiente como para albergar algún camarote de tripulación más.

3.8 Diseño de escaleras

El diseño de escaleras es interesante en la habilitación porque la escalera es anexa a la tapa del motor. En la figura 3.8.1.1 se muestra el rango de ángulos para distintos tipos de accesos y en la figura 3.8.1.2. podemos ver las dimensiones correctas de los escalones de una escalera genérica.

Selection of Access Type

<i>Type</i>	<i>Angle of Inclination (in Degrees)</i>	<i>Preferred Angles of Inclination (in Degrees)</i>
Stairs	30 – 50°	38°
Inclined Ladders	50 – 60°	Not Used
Vertical Ladders	75 – 90°	75 – 85°
Ramps for Personnel	7 – 15°	7 – 15°
Ramps for Materials Handling	4 – 7°	4°

Figura 4. Utilización de distintos tipos de accesos

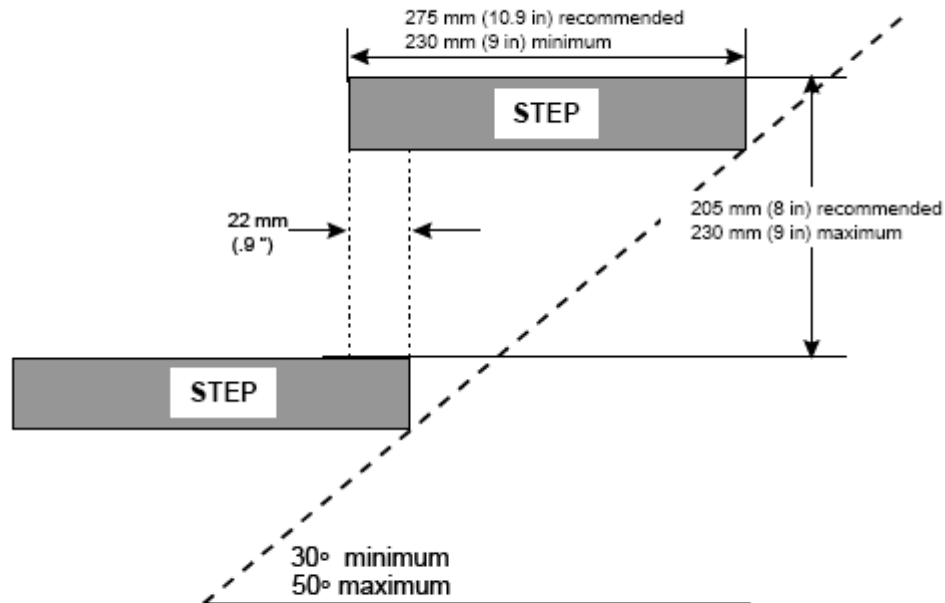


Figura 5. Diagrama de escalones

4 Disposición de cubierta

Se ha pensado en una cubierta lo más despejada posible, con una maniobra cómoda pero eficaz y forrada de teka, que ennoblece el acabado.

(Ver figura de la página 7)

4.1 Timonería-Bañera

La bañera tendrá posibilidad de montar una mesa de teka, que ira estibada en los tambuchos de bañera y que seremos capaces de montar a la hora de estar fondeados.

Se tomo la decisión de montar dos ruedas por entender que para un barco de estas dimensiones se trata de la opción más cómoda a la hora de la habitabilidad, pues el paso a popa se efectúa de una manera más cómoda y más eficaz a la hora de gobierno del barco, pues al ser más pequeñas las

ruedas, se podrá disponer de un suelo en bañera más alto, por tanto tendré más visibilidad desde el puesto de gobierno.

Por otra parte, cada puesto de gobierno tiene sus propios elementos de navegación, por lo que se duplicaran algunos aparatos, mientras que dispondré de los displays de la electrónica en un soporte de la base del palo.

4.2 Cornamusas

Se situará una cornamusa a cada banda de proa y popa para el atraque y una a cada costado de la zona central para abarloar el yate y poder amarrar los springs, los través o los largos. Prefiero optar por un tipo de cornamusa escamoteable, pues hace que los pasos por cubierta sean más limpios y cuando no se están utilizando no sean un obstáculo.

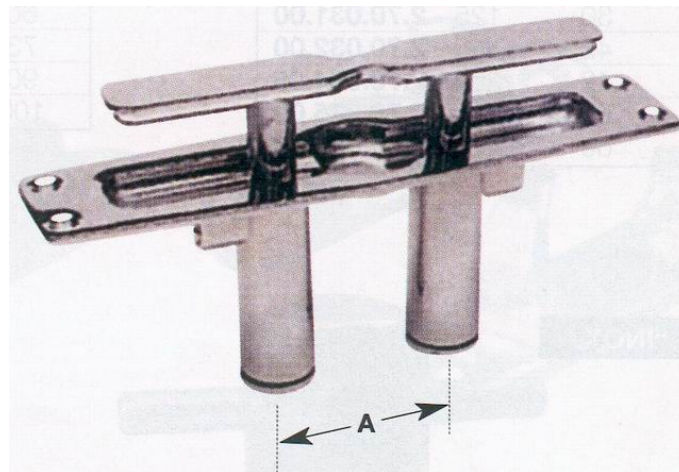


Figura 6. Cornamusa retráctil

4.3 Winches y Maniobra

Los Winches de los que voy a disponer son dos de maniobra en el Piano, para las drizas y demás trimado de palo y tangón, así como para el trimado de los Spis.

Dos winches para el trimado de los génovas y dos más pequeños y más a popa para el trimado de la mayor

Y pondremos unos carriles en cada costado para hacer de escoteros de génova y un carro en bañera que hará de escotero de mayor

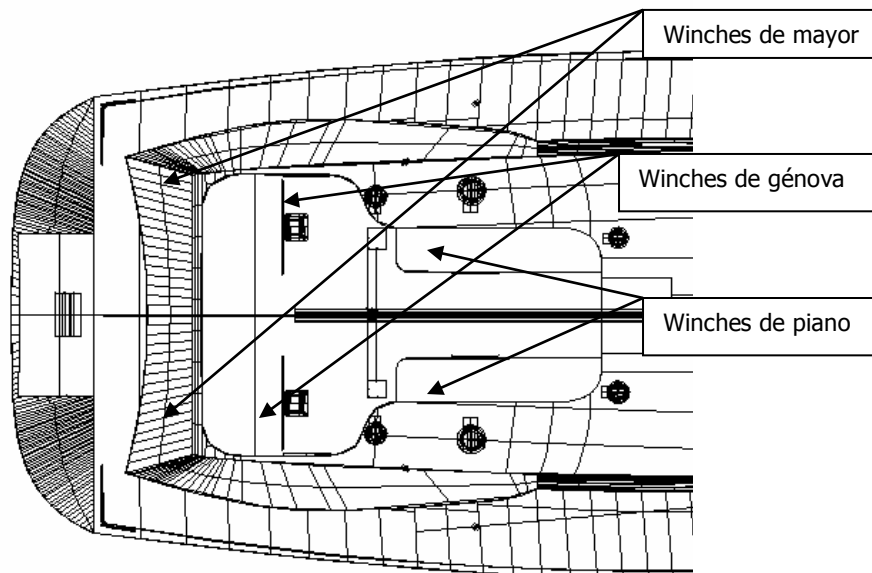


Figura 7. Localización winches bañera

Las características de los Winches se encuentran en el cuaderno 2.

4.4 Escotillas, portillos y ventanas

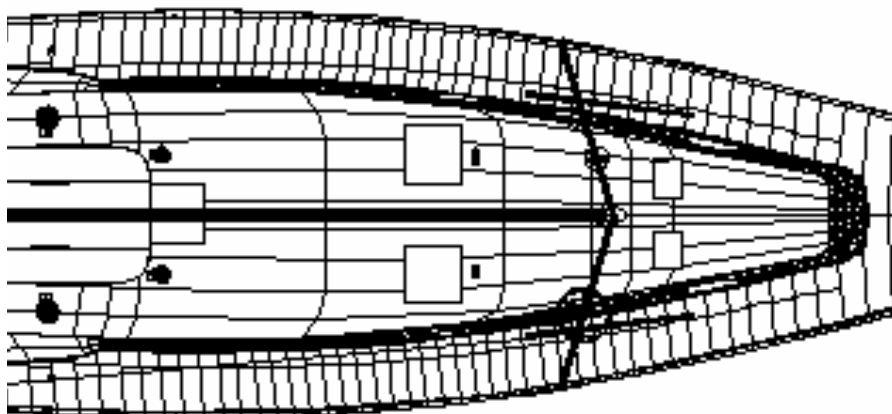


Figura 8. Localización escotillas

En el salón y cocina hemos dispuesto dos escotillas grandes, y en los camarotes de proa se pondrán dos más pequeñas, que tendrán las siguientes características:



Tendrá posibilidad de abrirse desde el exterior.

Posición de ventilación con bloqueo

Cortina antimosquitos y antisol.

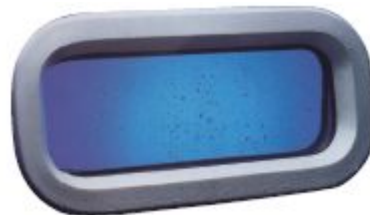
Manetas exteriores, diseñadas para minimizar el riesgo de enganchar cabos.

Asegurarán la estanqueidad

Se dispusieron en los costados de la cubierta, portillos para dar iluminación a lo largo de todo el salón, alguno practicable. También serán practicables los de los baños y los camarotes de popa (para ventilar) que serán perfectamente estancos.



Portillo practicable



Portillo fijo

5 Distribución interior

Los acabados y calidades deberán ser los siguientes:

- Mobiliario remarcado y empotrado con un alto nivel de acabados.
- Los mamparos y muebles interiores serán de madera de teca de Birmania y chapado sobre tablero marino de Okume.
- Los pisos son de tablero contrachapado marino de 20 mm de espesor, con teca de Birmania a una cara, listonada en madera de Samba con calles de 4 mm y remarcado en teca de Birmania maciza de 20x10 mm perimetralmente.
- Todas las superficies de madera vista son barnizadas con tres capas de barniz de poliuretano de alta resistencia. Los muebles se barnizan en brillo y los suelos en mate.
- Los suelos tienen partes desmontables para tener acceso a la sentina.
- La tapicería de las camas, sofás, sillones y sillas, deberá ser de alta calidad. Adicionalmente se instalaran cortinas con filtro solar, en todas las ventanas, escotillas y portillos.
- Los techos se forraran con algún material blanco o crudo, instalados sin tornillos vistos y con calles de teca de Birmania de 3cm.
- Ebanistería interior en teca con dos capas de barniz UV y una capa de barniz poliuretano
- La iluminación interior, tendrá los suficientes puntos de luz, con interruptores facilitando apagado y encendido. Así como encendido automático en los armarios.

6 Ergonomía

6.2. Diseño ergonómico

La ergonomía (también denominada ingeniería del factor humano) puede ser definida como sigue:

La ergonomía es una disciplina científica preocupada por el entendimiento de la interacción entre humanos y otros elementos de un sistema, y la profesión que aplica la teoría, principios, datos y métodos para diseñar de modo que se optimice la comodidad humana y el rendimiento total del sistema.

International Ergonomics Association, 2000

El objetivo de la ergonomía es por tanto el diseño del interfaz entre humanos y sistema. Esto incluye interacciones entre el personal y el equipo, software, y medio físico asociado a los sistemas. También incluye la interacción entre el personal, las tareas individuales, y el trabajo total del sistema, es decir, su estructura, dirección, políticas y procedimientos.

Con esta definición podemos entender que un barco de competición tiene mejor rendimiento con una tripulación fresca que resista muchas horas en el agua, y que eso se puede facilitar mediante el uso de los principios de esta disciplina.

Además resulta clave en la redacción de muchas de las reglas de clase y IMS Regulations que dan dimensiones mínimas para diversos volúmenes y elementos de la disposición del buque.

En este punto vamos a referirnos a algunas notas útiles sobre ergonomía sacadas de la *Guidance Notes for the Application of Ergonomics to Marine Systems* del American Bureau of Shipping.

6.1.1 Dimensiones del cuerpo humano en distintas posiciones

A continuación reproducimos una serie de tablas de las notas con las dimensiones necesarias para un ser humano en distintas posiciones de trabajo. Estas dimensiones están basadas en hombres norteamericanos. Muchos de nuestros tripulantes serán españoles, con lo cual la altura media a tener en cuenta debería ser inferior, pero siendo deportistas podemos considerar que tienen una altura superior a la media española.

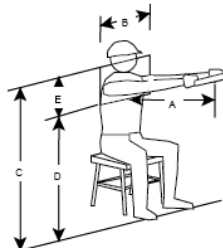


TABLE 1
Seated, Forward Reach (Both Arms)*

	Percentile mm (in)				
	5 th	25 th	50 th	75 th	95 th
A. Depth of reach	350 (15)	420 (16.50)	450 (17.75)	500 (19.50)	565 (22.25)
B. Breadth of aperture	350 (13.75)	390 (15.25)	410 (16)	430 (17)	465 (18.25)
C. Floor to top of aperture	500 (19.75)	1060 (41.75)	1090 (43)	1125 (44.25)	1180 (46.50)
D. Floor to bottom of aperture	870 (34.25)	900 (35.50)	930 (36.50)	950 (37.50)	1000 (39.00)
E. Vertical dimension of aperture	310 (12.25)	310 (12.25)	310 (12.25)	310 (12.25)	310 (12.25)

* Dimensions are based on North American males.

Tabla 9. Sentado con alcance hacia delante

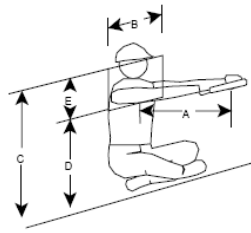


TABLE 2
Cross-Legged Seated, Forward Reach
(Both Arms)*

	Percentiles mm (in)				
	5 th	25 th	50 th	75 th	95 th
A. Depth of reach	350 (13.75)	400 (15.75)	425 (16.75)	460 (18.25)	510 (20)
B. Breadth of aperture	350 (13.75)	370 (14.75)	410 (16)	425 (16.75)	450 (17.75)
C. Floor to top of aperture	580 (22.75)	620 (24.25)	640 (25.25)	670 (26.25)	710 (28)
D. Floor to bottom of aperture	430 (17)	470 (18.50)	490 (19.25)	510 (20)	540 (21.25)
E. Vertical dimension of aperture	280 (11)	280 (11)	280 (11)	280 (11)	280 (11)

* Dimensions are based on North American males.

Tabla 10 Piernas cruzadas con alcance hacia delante

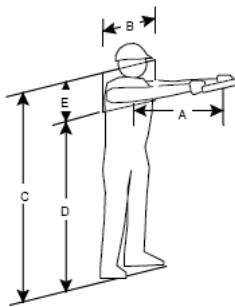


TABLE 3
Standing, Forward Reach (Both Arms)*

	Percentiles mm (in)				
	5 th	25 th	50 th	75 th	95 th
A. Depth of reach	490 (19.25)	535 (21)	565 (22.25)	580 (22.75)	620 (24.50)
B. Breadth of aperture	395 (15.50)	430 (17)	450 (17.75)	470 (18.50)	495 (19.50)
C. Floor to top of aperture	1550 (61)	1610 (63.50)	16660 (65.25)	1690 (66.50)	1750 (69.00)
D. Floor to bottom of aperture	1380 (52.25)	1390 (54.75)	1420 (56)	1455 (57.25)	1500 (59.00)
E. Vertical dimension of aperture	425 (16.75)	425 (16.75)	425 (16.75)	425 (16.75)	425 (16.75)

* Dimensions are based on North American males.

Tabla 11 De pie con alcance hacia delante

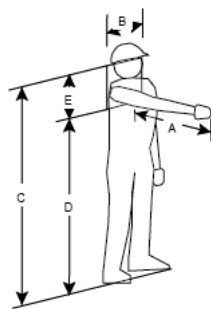


TABLE 4
Standing, Forward Reach (Preferred Arm)*

	<i>Percentiles mm (in)</i>				
	5 th	25 th	50 th	75 th	95 th
A. Depth of reach	515 (20.25)	565 (22.25)	605 (23.75)	635 (25.00)	680 (26.75)
B. Breadth of aperture	305 (12)	305 (12)	305 (12)	305 (12)	30 5(12)
C. Floor to top of aperture	1550 (61)	1605 (63.25)	1650 (65.00)	1680 (66.25)	1750 (69)
D. Floor to bottom of aperture	1330 (52.25)	1390 (54.75)	1420 (56)	1455 (57.25)	1500 (59)
E. Vertical dimension of aperture	425 (16.75)	425 (16.75)	425 (16.75)	425 (16.75)	425 (16.75)

* Dimensions are based on North American males.

Tabla 12 De pie con alcance hacia delante con el brazo preferido

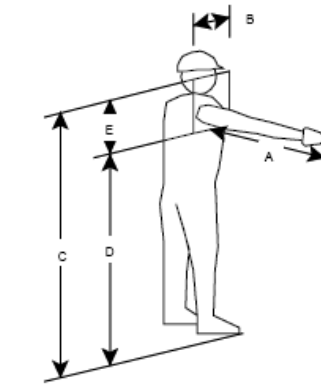


TABLE 5
Standing, Lateral Reach (Preferred Arm)*

	Percentiles mm (in)				
	5 th	25 th	50 th	75 th	95 th
A. Depth of reach	560 (22)	5565 (23.50)	630 (24.75)	655 (25.75)	680 (26.75)
B. Breadth of aperture	255 (10)	255 (10)	255 (10)	255 (10)	255 (10)
C. Floor to top of aperture	1545 (60.75)	1605 (63.25)	1630 (64.25)	1675 (66.00)	1745 (68.75)
D. Floor to bottom of aperture	1325 (52.25)	1390 (54.75)	1425 (56)	1455 (57.25)	1500 (59)
E. Vertical dimension of aperture	420 (16.50)	420 (16.50)	420 (16.50)	420 (16.50)	420 (16.50)

* Dimensions are based on North American males.

Tabla 13. De pie con alcance lateral

6.1.2 Definición de conceptos de ergonomía

Con la siguiente serie de figuras vamos a ejemplificar conceptos habituales en los conceptos que tratan la ergonomía.

Las de la figura 6.2.3.1 son interesantes para situar los displays en el palo de modo que el patrón los pueda ver de forma cómoda sentado en su posición en la bañera, y para el diseño de la mesa de cartas y correspondiente distribución de estantes (alcance) y equipo de navegación (altura de los ojos).

En principio la altura de alcance nunca va a ser un inconveniente porque estamos hablando de un velero menor de 24 m, y de un barco en el que se busca la estabilidad como ventaja sobre los contrarios de modo que la mayoría de los elementos que se encuentren en el interior se estibarán en lugares bajos.

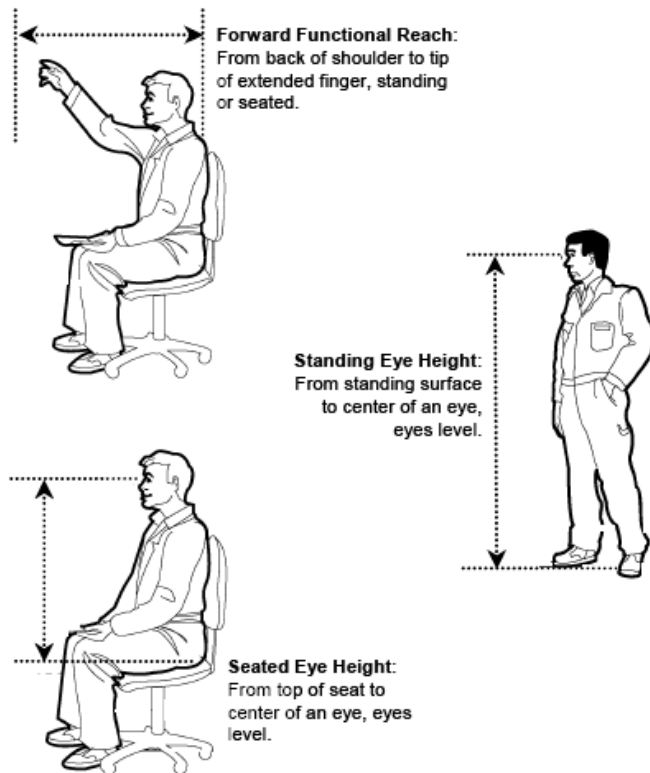


Figura 14. Alcance funcional hacia delante, Altura de los ojos de pie, y Altura de los ojos sentado

En las tablas relacionadas a continuación se recogen datos sobre estas dimensiones en la población mundial según el área geográfica.

Las tripulaciones en las regatas normalmente son europeas, americanas, australianas y neozelandesas, así que esas son las alturas en las que hay que fijarse cuando se diseña un barco en el que se quiera competir en regata.

Conviene no perder de vista tampoco Sudáfrica debido a la actual inactividad de la Copa América, ya que la tripulación de ese equipo es de gran calidad y se está incorporando a todos los circuitos de alto nivel del mundo.

Standing Height Dimensions

Region	Male		Female		Min	Max
	5%	95%	5%	95%		
Northern Europe	1710 mm (67.3 in)	1910 mm (75.2 in)	1580 mm (62.2 in)	1791 mm (70.5 in)	1580 mm (62.2 in)	1910 mm (75.2 in)
North America	1664 mm (64.7 in)	1876 mm (73.9 in)	1510 mm (59.5 in)	1742 mm (68.6 in)	1510 mm (59.5 in)	1876 mm (73.9 in)
Australia	1661 mm (65.4 in)	1890 mm (74.4 in)	1560 mm (61.4 in)	1770 mm (69.7 in)	1560 mm (61.4 in)	1890 mm (74.4 in)
France	1661 mm (65.4 in)	1890 mm (74.4 in)	1530 mm (60.2 in)	1740 mm (68.5 in)	1530 mm (60.2 in)	1860 mm (74.4 in)
Central Europe	1669 mm (65.7 in)	1860 mm (73.2 in)	1550 mm (61.0 in)	1750 mm (68.9 in)	1550 mm (61.0 in)	1860 mm (73.2 in)
Eastern Europe	1661 mm (65.4 in)	1849 mm (72.8 in)	1539 mm (60.6 in)	1720 mm (67.7 in)	1539 mm (60.6 in)	1849 mm (72.8 in)
Latin America	1651 mm (65.0 in)	1849 mm (72.8 in)	1519 mm (59.8 in)	1720 mm (67.7 in)	1519 mm (59.8 in)	1849 mm (72.8 in)
Iberian Peninsula	1580 mm (62.2 in)	1829 mm (72.0 in)	1509 mm (59.4 in)	1699 mm (66.9 in)	1509 mm (59.4 in)	1829 mm (72.0 in)
Southeastern Europe	1687 mm (66.4 in)	1829 mm (72.0 in)	1529 mm (60.2 in)	1720 mm (67.7 in)	1529 mm (60.2 in)	1829 mm (72.0 in)
Japan	1593 mm (62.7 in)	1781 mm (70.1 in)	1474 mm (58.0 in)	1641 mm (64.6 in)	1474 mm (58.0 in)	1781 mm (70.1 in)
North Asia	1560 mm (61.4 in)	1821 mm (71.7 in)	1501 mm (59.1 in)	1669 mm (65.7 in)	1501 mm (59.1 in)	1821 mm (71.7 in)
North Africa-	1580 mm (62.2 in)	1811 mm (71.3 in)	1501 mm (59.1 in)	1720 mm (67.7 in)	1501 mm (59.1 in)	1811 mm (71.3 in)
Near East	1621 mm (63.8 in)	1801 mm (70.9 in)	1539 mm (60.6 in)	1699 mm (66.9 in)	1539 mm (60.6 in)	1801 mm (70.9 in)
West Africa	1560 mm (61.4 in)	1791 mm (70.5 in)	1440 mm (56.7 in)	1621 mm (63.8 in)	1440 mm (56.7 in)	1791 mm (70.5 in)
Southeastern Africa	1590 mm (62.6 in)	1781 mm (70.1 in)	1481 mm (58.3 in)	1662 mm (65.4 in)	1481 mm (58.3 in)	1781 mm (70.1 in)
North India	1580 mm (62.2 in)	1770 mm (69.7 in)	1450 mm (57.1 in)	1631 mm (64.2 in)	1450 mm (57.1 in)	1770 mm (69.7 in)
South India	1529 mm (60.2 in)	1720 mm (67.7 in)	1389 mm (54.7 in)	1600 mm (63.0 in)	1389 mm (54.7 in)	1720 mm (67.7 in)
Southeast Asia	1529 mm (60.2 in)	1720 mm (67.7 in)	1440 mm (56.7 in)	1620 mm (63.8 in)	1440 mm (56.7 in)	1720 mm (67.7 in)
Latin America	1519 mm (59.8 in)	1709 mm (67.3 in)	1389 mm (54.7 in)	1560 mm (61.4 in)	1389 mm (54.7 in)	1709 mm (67.3 in)
South China	1610 mm (63.4 in)	1709 mm (67.3 in)	1430 mm (56.3 in)	1590 mm (62.6 in)	1430 mm (56.3 in)	1709 mm (67.3 in)

Tabla 15

Altura de pie

Sitting Eye Height Dimensions

Region	Male		Female		Min	Max
	5%	95%	5%	95%		
Northern Europe	770 mm (30.3 in)	871 mm (34.3 in)	711 mm (28.0 in)	818 mm (32.3 in)	711 mm (28.0 in)	871 mm (34.3 in)
North America	733 mm (28.9 in)	853 mm (33.6 in)	677 mm (26.7 in)	794 mm (31.3 in)	677 mm (26.7 in)	853 mm (33.6 in)
Australia	760 mm (29.9 in)	861 mm (33.9 in)	711 mm (28.0 in)	810 mm (31.9 in)	711 mm (28.0 in)	861 mm (33.9 in)
France	749 mm (29.5 in)	851 mm (33.5 in)	691 mm (27.2 in)	780 mm (30.7 in)	691 mm (27.2 in)	851 mm (33.5 in)
Central Europe	749 mm (29.1 in)	871 mm (33.5 in)	710 mm (27.6 in)	820 mm (31.9 in)	701 mm (27.6 in)	851 mm (33.5 in)
Eastern Europe	729 mm (28.7 in)	851 mm (33.5 in)	671 mm (26.4 in)	790 mm (31.1 in)	671 mm (26.4 in)	861 mm (33.5 in)
Latin America	749 mm (29.5 in)	871 mm (34.3 in)	710 mm (27.6 in)	820 mm (32.3 in)	701 mm (27.6 in)	871 mm (34.3 in)
Iberian Peninsula	719 mm (28.3 in)	851 mm (33.5 in)	681 mm (26.8 in)	810 mm (31.9 in)	681 mm (26.8 in)	851 mm (33.5 in)
Southeastern Europe	739 mm (29.1 in)	841 mm (33.1 in)	681 mm (26.8 in)	780 mm (30.7 in)	681 mm (26.8 in)	841 mm (33.1 in)
Japan	726 mm (28.6 in)	832 mm (32.8 in)	679 mm (26.7 in)	764 mm (30.1 in)	679 mm (26.7 in)	832 mm (32.8 in)
North Asia	739 mm (29.1 in)	851 mm (33.5 in)	701 mm (27.6 in)	790 mm (31.1 in)	701 mm (27.6 in)	851 mm (33.5 in)
North Africa	701 mm (27.6 in)	820 mm (32.3 in)	681 mm (26.8 in)	810 mm (31.9 in)	681 mm (26.8 in)	820 mm (32.3 in)
Near East	729 mm (28.7 in)	820 mm (32.3 in)	711 mm (28.0 in)	790 mm (31.1 in)	711 mm (28.0 in)	820 mm (32.3 in)
West Africa	650 mm (25.6 in)	780 mm (30.7 in)	620 mm (24.4 in)	620 mm (24.4 in)	620 mm (24.4 in)	780 mm (30.7 in)
Southeastern Africa	706 mm (27.8 in)	790 mm (31.1 in)	681 mm (26.8 in)	780 mm (30.7 in)	681 mm (26.8 in)	790 mm (31.1 in)
North India	711 mm (28.0 in)	800 mm (31.5 in)	650 mm (25.6 in)	729 mm (28.7 in)	650 mm (25.6 in)	800 mm (31.5 in)
South India	660 mm (26.0 in)	739 mm (29.1 in)	620 mm (24.4 in)	719 mm (28.3 in)	620 mm (24.4 in)	739 mm (29.1 in)
Southeast Asia	681 mm (26.8 in)	780 mm (30.7 in)	660 mm (26.0 in)	739 mm (29.1 in)	660 mm (26.0 in)	780 mm (30.7 in)
Latin America	709 mm (28.3 in)	800 mm (31.5 in)	660 mm (26.0 in)	739 mm (29.1 in)	660 mm (26.0 in)	800 mm (31.5 in)
South China	691 mm (27.2 in)	790 mm (31.1 in)	650 mm (25.6 in)	739 mm (29.1 in)	650 mm (25.6 in)	790 mm (31.1 in)

Tabla 16 Altura de los ojos sentado

Forward Functional Reach

Region	Male		Female		Min	Max
	5%	95%	5%	95%		
Northern Europe	820 mm (32.3 in)	930 mm (36.6 in)	740 mm (29.1 in)	870 mm (34.3 in)	740 mm (29.1 in)	930 mm (36.6 in)
North America	842 mm (33.1 in)	975 mm (38.4 in)	746 mm (29.4 in)	876 mm (34.5 in)	746 mm (29.4 in)	975 mm (38.4 in)
Australia	800 mm (31.5 in)	920 mm (36.2 in)	740 mm (29.1 in)	860 mm (33.9 in)	740 mm (29.1 in)	920 mm (36.2 in)
France	800 mm (31.5 in)	910 mm (35.8 in)	730 mm (28.7 in)	830 mm (32.7 in)	730 mm (28.7 in)	910 mm (35.8 in)
Central Europe	800 mm (31.5 in)	890 mm (35.0 in)	740 mm (29.1 in)	840 mm (33.0 in)	740 mm (29.1 in)	890 mm (35.0 in)
Eastern Europe	800 mm (31.5 in)	890 mm (35.0 in)	740 mm (29.1 in)	820 mm (32.3 in)	740 mm (29.1 in)	890 mm (35.0 in)
Latin America	790 mm (31.1 in)	890 mm (35.0 in)	710 mm (28.0 in)	830 mm (32.7 in)	710 mm (28.0 in)	890 mm (35.0 in)
Iberian Peninsula	760 mm (29.9 in)	880 mm (34.6 in)	720 mm (28.3 in)	820 mm (32.3 in)	720 mm (28.3 in)	880 mm (34.6 in)
Southeastern Europe	790 mm (31.1 in)	880 mm (34.6 in)	740 mm (29.1 in)	830 mm (32.7 in)	740 mm (29.1 in)	880 mm (34.6 in)
Japan	758 mm (29.8 in)	882 mm (34.7 in)	696 mm (27.4 in)	810 mm (31.9 in)	696 mm (27.4 in)	882 mm (34.7 in)
North Asia	780 mm (30.7 in)	900 mm (35.4 in)	720 mm (28.3 in)	850 mm (33.5 in)	720 mm (28.3 in)	900 mm (35.4 in)
North Africa	800 mm (31.5 in)	920 mm (36.2 in)	750 mm (29.5 in)	870 mm (34.3 in)	750 mm (29.5 in)	920 mm (36.2 in)
Near East	780 mm (30.7 in)	860 mm (33.9 in)	740 mm (29.1 in)	815 mm (32.1 in)	740 mm (29.1 in)	860 mm (33.9 in)
West Africa	790 mm (31.1 in)	900 mm (35.4 in)	720 mm (28.3 in)	820 mm (32.3 in)	720 mm (28.3 in)	900 mm (35.4 in)
Southeastern Africa	810 mm (31.9 in)	950 mm (37.4 in)	740 mm (29.1 in)	860 mm (33.9 in)	740 mm (29.1 in)	950 mm (37.4 in)
North India	760 mm (29.9 in)	850 mm (33.5 in)	700 mm (27.6 in)	780 mm (30.7 in)	700 mm (27.6 in)	850 mm (33.5 in)
South India	730 mm (28.7 in)	840 mm (33.1 in)	670 mm (26.4 in)	770 mm (30.3 in)	670 mm (26.4 in)	840 mm (33.1 in)
Southeast Asia	730 mm (28.7 in)	820 mm (32.3 in)	690 mm (27.2 in)	780 mm (30.7 in)	690 mm (27.2 in)	820 mm (32.3 in)
Latin America	730 mm (28.7 in)	820 mm (32.3 in)	670 mm (26.4 in)	750 mm (29.5 in)	670 mm (26.4 in)	820 mm (32.3 in)
South China	760 mm (29.9 in)	840 mm (33.1 in)	690 mm (27.2 in)	760 mm (29.9 in)	690 mm (27.2 in)	840 mm (33.1 in)

Sources:

International Data on Anthropometry. International Labor Organization, 1990.

ADULTDATA: The Handbook of Adult Anthropometric and Strength Measurements – Data for Design Safety. Institute for Occupational Ergonomics, University of Nottingham, UK, 1998.

Tabla 17 Alcance funcional hacia delante

Clothing and Postural Effects

<i>Description</i>	<i>Effect</i>
Effect of footwear in standing height measures	+ 25 mm (1 in)
Effect of clothing in sitting height measures	+ 5 mm (0.2 in)
Effect of clothing in breadth	+ 15 mm (0.6 in)
Effect of clothing in foot length	+ 30 mm (1.2 in)
Effect of hard hat in stature	+ 75 mm (3.0 in)
Effect of gloves on hand length/breadth	+ 7 mm (0.3 in)
Effect of postural slump in standing height	- 20 mm (0.8 in)
Effect of postural slump in sitting height	- 45 mm (1.8 in)

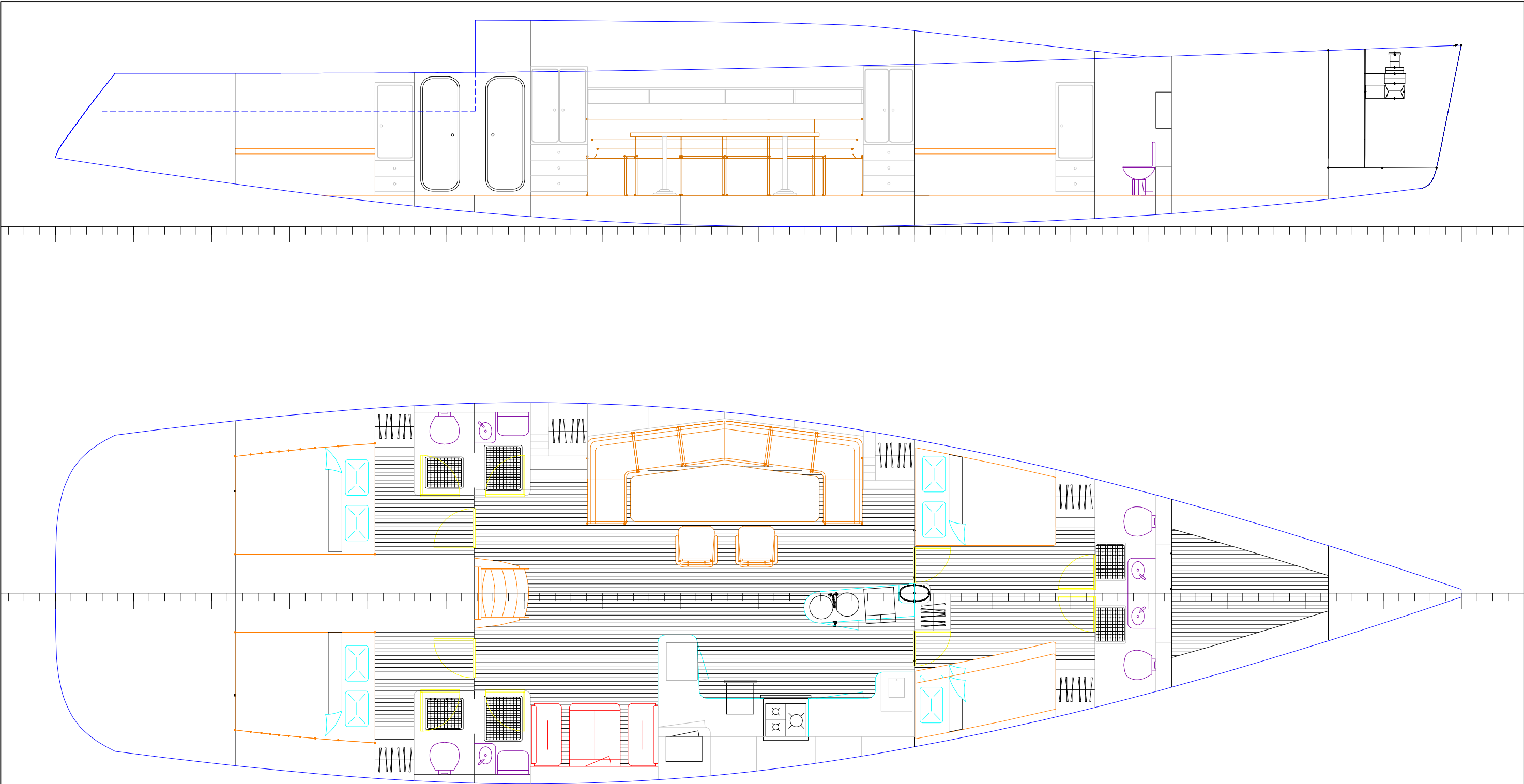
Tabla 18 Efecto de la ropa en las dimensiones anteriores

7 Bibliografía

- "Designed to cruise", Roger Marshall.
- "Designed to win", Roger Marshall.
- "The Nature of Boats", Dave Gerr.
- "Principles of Yacht Design", Lars Larsson y Rolf Eliasson.
- "Proyectos de embarcaciones deportivas a vela", Joaquín Coello y Pedro Morales.
- "El arte de proyectar en arquitectura", Ernst Neufert.
- "Offshore", John. H. Illinworth.
- "Las Velas", Bertrand Chéret.
- "Skene's Elements of Yacht Design", Francis S. Kinney.
- "Teoría y Práctica de las Velas", Joachim Schult.

ANEXO I

Presentamos el plano de disposición general en este anexo



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

L.....18 m
Lwl.....16,31 m
B.....4,89 m
D.....4,17 m
T.....2,826 m
SA.....202m₂

Escola Politécnica Superior UNIVERSIDADE DA CORUÑA		Proyecto N°:14-106
Proyecto: VELERO OCEÁNICO DE 60 PIES DE ESLORA		Fecha: SEP 2014
Título del Plano: Disposición General	Plano N°: 02	ESCALA 1:50
Autor: PABLO ENRIQUE GONZÁLEZ SÁNCHEZ		Firma:

2014

Cuaderno 8

Estructura

VELERO TIPO OCEÁNICO 60 PIES DE ESLORA



GRADO EN ARQUITECTURA NAVAL

Autor: **PABLO ENRIQUE GONZÁLEZ SÁNCHEZ**

Tutor: **MARCOS MÍGUEZ GONZÁLEZ**



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

PROYECTO FIN DE GRADO EN ARQUITECTURA NAVAL

CURSO 2.012-2013

PROYECTO NÚMERO 14-106

TIPO DE BUQUE: Velero tipo oceánico de 60 pies de eslora

MATERIAL DEL CASCO: Materiales compuestos

CLASIFICACIÓN , COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: Bureau Veritas, Solas, Reglamentación ISO-UNE.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Las específicas para este buque

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA : 10 nudos al 90% MCR. 350 millas.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA : Las habituales en este tipo de buques.

PROPULSIÓN : Vela + 1 motor diesel.

TRIPULACIÓN Y PASAJE : 8 tripulantes/pasajeros

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES : Un mástil y demás elementos para la navegación en este tipo de buque

Ferrol, Febrero de 2.013

ALUMNO : D:/D^a Pablo Enrique González Sánchez

OBJETIVO:

En el presente cuaderno se realizarán los correspondientes cálculos referentes a la estructura, de manera que queden definidos:

- Presiones soportadas por la embarcación.
- Esquemas de laminado para las distintas zonas de la embarcación.
- Características de los laminados.
- Cálculo de los refuerzos.

Los datos de partida de la embarcación son:

Eslora Total.....	18,00m
Eslora Flotación.....	16,31m
Manga.....	4,89m
Puntal.....	4,17 (2,03 sin apéndices) m
Calado	2,826 (0,686 sin apéndices) m
Desplazamiento.....	19865 kg
Cb.....	0,416
Cp.....	0,545
Cm.....	0,801
Superficie Véllica.....	202m ²
Número de Tripulantes.....	8 (2 tripulantes y 6 pasajeros)
Categoría de Navegación.....	A (Oceánica)

1	INTRODUCCIÓN.....	6
1.1	MATERIALES COMPUESTOS	6
1.2	POLÍMEROS.....	6
1.3	TEJIDOS.....	7
1.4	ESTRUCTURA SÁNDWICH	7
1.5	MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN	9
2	ESTUDIO ESTRUCTURAL DEL BARCO (SIN MÁSTIL).....	9
2.1	FACTORES DE AJUSTE DE LA PRESIÓN	10
2.2	FACTOR DE CATEGORÍA DE DISEÑO $[K_{DC}]$	10
2.2.1	<i>factor de carga dinámica $[n_{cc}]$</i>	10
2.2.2	<i>factor longitudinal de distribución de presión $[k_L]$</i>	10
2.2.3	<i>factor de reducción de presión según la superficie $[k_{AR}]$</i>	12
2.2.4	<i>factor de reducción de presión en el costado $[k_Z]$</i>	13
2.2.5	<i>factor de corrección de presión por efecto slamming $[k_{SLS}]$</i>	14
3	PRESIONES DE DISEÑO	14
3.1	ANÁLISIS DE PANELES	15
3.1.1	<i>Paneles de Fondo</i>	16
3.1.2	<i>Paneles de Costado</i>	17
3.1.3	<i>Paneles de Cubierta</i>	20
3.1.4	<i>Resumen de presiones máximas en los paneles</i>	22
3.2	ANÁLISIS DE REFUERZOS	23
3.2.1	<i>Refuerzos de fondo</i>	23
3.2.2	<i>Refuerzos de Costado</i>	25
3.2.3	<i>Refuerzos de Cubierta</i>	26
3.2.4	<i>Resumen de presiones máximas en los refuerzos</i>	27
3.2.4.1	Refuerzos transversales.....	27
3.2.4.2	Refuerzos longitudinales (locales).....	27
3.3	PRESIÓN DE DISEÑO EN MAMPAROS.....	27
3.3.1	<i>Mamparos Estancos</i>	27
4	ESCANTILLONADO DE PANELES.....	29
4.1	PANELES SOMETIDOS A MÁS PRESIÓN	29
4.1.1	<i>Factor de deformación por flexión $[k_1]$</i>	30
4.1.2	<i>Factor de alargamiento del panel por resistencia a la flexión $[k_2]$ y por rigidez a la flexión $[k_3]$</i>	30

4.2	FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA CURVATURA DE LOS PANELES $[K_C]$	31
4.2.1	<u>Tensiones de diseño para los paneles tipo sandwich</u>	32
4.2.2	<u>Mínimos valores de módulo de inercia y segundo momento</u>	34
4.2.3	<u>Espesor requerido para soportar esfuerzo cortante</u>	36
4.3	PANELES DE MAYOR ÁREA	38
4.3.1	<u>Factor de deformación por flexión $[k_1]$</u>	39
4.3.2	<u>Factor de alargamiento del panel por resistencia a la flexión $[k_2]$ y por rigidez a la flexión $[k_3]$</u>	39
4.3.3	<u>Factor de corrección de la curvatura de los paneles $[k_C]$</u>	40
4.3.4	<u>Mínimos valores de módulo de inercia y segundo momento</u>	41
4.3.5	<u>Espesor requerido para soportar esfuerzo cortante</u>	43
4.4	CONCLUSIÓN PREVIA	44
4.5	ECUACIONES GENERALES PARA SANDWICH.....	45
5	ESCANTILLONADO DE REFUERZOS.....	47
5.1	FACTOR DE AJUSTE POR CURVATURA DE LOS REFUERZOS $[K_{CS}]$	48
5.2	FACTOR DE SUPERFICIE DE CIZALLA DE UN REFUERZO $[K_{SA}]$	48
5.3	TENSIÓN DE DISEÑO DE LOS REFUERZOS.....	49
5.4	MÍNIMOS VALORES DE SUPERFICIE DE CIZALLA, MÓDULO DE INERCIA Y SEGUNDO MOMENTO .	49
5.5	REFUERZOS LOCALES	53
5.5.1	<u>Refuerzo Local de Fondo</u>	53
5.5.2	<u>Refuerzo local de Costado</u>	53
6	BIBLIOGRAFÍA.....	55
	ANEXO I	

1 Introducción.

La especificación de proyecto nos exige que cumplamos la Directiva CE de embarcaciones de recreo, necesario cumplimiento para todos los yates de nueva construcción. Por lo que en este cuaderno se realizarán los cálculos de presión y el escantillonado tipo sandwich de los paneles y refuerzos por medio de la ISO 12215-5.

1.1 Materiales compuestos

Se define como material compuesto todo sistema o combinación de materiales constituido a partir de una unión (no química, insolubles entre sí) de dos o más componentes, que da lugar a uno nuevo con propiedades características específicas distintas a las de los materiales constituyentes. Se pueden identificar dos fases: una continua, constituida por la matriz, y otra fase discontinua denominada refuerzo. Las propiedades del nuevo material dependen del tipo de interfase y de las características de los componentes.

1.2 Polímeros

Químicamente se conoce como polímero aquel material compuesto por grandes moléculas, las cuales se forman por la secuencia repetitiva de moléculas pequeñas o agrupaciones de átomos simples unidas unas a otras por enlaces principalmente del tipo covalente simple. A estas moléculas pequeñas se les llama monómeros. Estos polímeros se clasifican por: termoplásticos, elastómeros y termoestables. Para el campo sobre el que trata este proyecto, el naval, sólo tienen utilidad las matrices termoplásticas y las termoestables. Los termoplásticos se utilizan únicamente en la construcción de piezas de tamaño reducido ya que debido a su estructura molecular lineal o ramificada necesitan un gran aporte de calor y de presión para moldearse. Los termoestables por su parte no necesitan de grandes inversiones en moldes ni grandes controles de temperatura y presión; la mayoría se procesan a temperatura ambiente. A la matriz polimérica termoestable se le conoce comúnmente como resina, y dependiendo del tipo que sea tiene unas u otras propiedades. Entre las más comunes se encuentran las siguientes resinas: poliéster, viniléster, epoxi, fenólicas, bismaleimida, poliiimida, ésteres de cianato, polieteramida, etc.

Debido a las grandes propiedades que se necesitan en los materiales que componen un barco ligero de competición como el tratado en este proyecto, se necesita de una resina que tenga muy buenas propiedades físicas y mecánicas, además de una buena capacidad de adhesión. Es por ello que dentro de los tipos anteriormente nombrados, la resina epoxi es la que mejor se adapta a dichas características.

Las resinas epoxídicas poseen las mejores propiedades mecánicas: una mayor resistencia térmica y una muy buena resistencia a la abrasión, baja contracción durante el curado (0-1%), buenas propiedades eléctricas y térmicas y buena resistencia al ataque de agentes químicos. Además poseen una elevada adherencia y una gran solidez interlaminar. Las propiedades mecánicas pueden modificarse por adición de sustancias inertes y la contracción puede anularse mediante aditivos o con una adecuada combinación con fibra de refuerzo. A su vez, pueden conseguirse elongaciones superiores a las del poliéster mediante la utilización de aditivos. Poseen además una baja absorción de agua que las hace idóneas para estructuras marinas. El principal inconveniente es el alto coste, sin embargo el coste no es el objetivo de diseño de un proyecto de este tipo.

1.3 Tejidos

Los tejidos son estructuras textiles compuestas por fibras que se cruzan perpendicularmente, denominadas trama y urdimbre. Los hilos de urdimbre son aquellos que corren en el sentido longitudinal del rollo, y los de trama, los que atraviesan de forma perpendicular, dando lugar a puntos de entrecruzamiento denominados ligamentos.

Hay diferentes tipos de tejidos dependiendo de la forma en la que se entrecruzan la trama y la urdimbre: tafetán, sarga, satén, unidireccional, biaxial, triaxial, etc. Dependiendo de la optimización que se quiera para una zona u otra se eligen capas compuestas por varios de estos tejidos, orientados a su vez en una o en más direcciones para un mejor reparto de los esfuerzos.

1.4 Estructura sándwich

Una estructura sándwich está constituida por dos pieles de material resistente entre las que se interpone un material ligero. La adición de un núcleo va a aumentar el espesor

y también el peso, aunque de una forma mínima, elevando, sin embargo, de forma muy significativa la rigidez de la estructura.

Cada uno de los elementos cumple una función determinada: La piel exterior está formada por capas de elementos resistentes, de unas mayores propiedades mecánicas que el resto, además de poseer grandes propiedades aislantes; el núcleo, constituido de un material de baja densidad, tiene como objetivos aumentar la sección del laminado y transmitir los esfuerzos cortantes de una cara a la opuesta y la piel interior debe de tener buenas propiedades mecánicas y aislantes.

Para la piel exterior e interior se pueden utilizar todo tipo de fibras dependiendo de las características que se requieran en el producto final. Como núcleos se pueden usar maderas, como la madera de balsa, cedro rojo, contrachapado marino y espumas sintéticas, como la espuma de cloruro de polivinilo (PVC), espumas de poliuretano (PU), de poliestireno (PS), de estireno-acrilonitrilo (SAN), de polimetacrilíida (PMI), etc. Además de estos materiales de núcleo cuando se busca la ligereza es muy común usar una estructura de tipo nido de abeja, perpendicular a ambas pieles. Es típico su uso en mamparos y cubiertas, evitándose en las partes sumergidas debido a la gran higroscopicidad que tienen. Su utilización requiere una técnica muy depurada de encolado con las pieles exteriores e interiores del sándwich, ya que si no se hace correctamente se corre el riesgo de que se produzcan deslaminaciones. Estas estructuras suelen hacerse con aluminio, papel, polipropileno y fibra de vidrio o papel de aramida impregnados con resina fenólica.

Los materiales utilizados como núcleo de estructuras sándwich deben poseer las siguientes cualidades:

1. Baja densidad
2. Buena resistencia a compresión
3. Buena resistencia a cizalladura
4. Buena resistencia a los agentes químicos y ambientales
5. Buena adherencia a las resinas utilizadas en los laminados de las paredes

1.5 Método de construcción

Sin duda el método que más se usa en embarcaciones de altas prestaciones es el laminado con preimpregnados o prepregs. El laminado de preimpregnados se realiza disponiendo sobre el molde las diferentes capas previamente descongeladas. Una vez finalizado el laminado, la pieza alojada en su molde debe ser sometida a un aumento programado de presión y temperatura para que se produzca el curado final de la misma. Si las presiones son bajas (hasta -0.98 bar) se recurre normalmente a la técnica de vacío; si las presiones necesarias son elevadas se recurre al uso de prensas o autoclaves. Como resultado de dicho proceso se obtienen materiales compuestos de una calidad muy superior a la técnica del laminado al vacío y a las técnicas de moldeo por contacto.

Como ventajas y desventajas de este proceso se pueden citar las siguientes.

Ventajas:

- Los laminados resultantes son de alta calidad; los preimpregnados se presentan con elevados porcentajes de refuerzo en su composición (hasta un 65-70%).
- Los porcentajes de refuerzo son muy precisos en todo el material y la composición de la matriz es completamente homogénea, reduciéndose en gran medida la tasa de porosidad.
- La manipulación del material es sencilla y limpia, además de poder organizar mejor los trabajos de compactación y laminado gracias a los extensos tiempos de gel de estos materiales.
- Existe la posibilidad de rectificar los laminados tantas veces como sea necesario antes de que se produzca el curado definitivo.
- Se pueden realizar tanto estructuras sándwich como monolíticas.

Desventajas:

- Elevado coste.
- Necesidad de una alta infraestructura.
- Se hace necesario realizar un proceso de curado a alta temperatura.
- Los operarios deben de tener una alta cualificación en el proceso.

2 Estudio estructural del barco (sin mástil).

Para el estudio del barco es primordial primeramente dividir el barco en zonas que contendrán los paneles de análisis

2.1 Factores de ajuste de la presión

La presión de diseño final se ajusta con ayuda de un conjunto de factores, que son función del diseño, tipo de embarcación, situación, etc.

2.2 factor de categoría de diseño [k_{DC}]

El factor de categoría de diseño k_{DC} , tiene en cuenta la variación de las cargas de presión debidas a la mar con la categoría de diseño. En nuestro caso la categoría de diseño es A, por tanto:

$$k_{DC}=1$$

2.2.1 factor de carga dinámica [n_{CG}]

El factor de carga dinámica n_{CG} se considera que está próximo a la aceleración medida en la embarcación al nivel de su centro de gravedad, a la frecuencia adecuada según un cierto período de tiempo. Este factor es la aceleración negativa que soporta la embarcación, bien cuando choca contra una ola con la que se encuentra cuando navega a gran velocidad, o bien cuando cae desde la cresta de una ola hasta su sima.

En el apartado 7.3.3 de la norma se establece que para los veleros no se utiliza n_{CG} para la determinación de la presión. Este factor se usa únicamente para el cálculo del factor longitudinal de distribución de presión k_L , y a este fin se debe tomar el valor de n_{CG} igual a 3. Por lo que:

$$n_{CG}=3.0$$

2.2.2 factor longitudinal de distribución de presión [k_L]

El factor longitudinal de distribución de presión k_L tiene en cuenta la variación de las cargas de presión debidas a la situación en la embarcación.

Habrà 2 maneras de llegar a él. Mediante una ecuación, que es lo que usaremos más adelante en el cálculo de presiones, o apoyándonos de una gráfica.

Para el cálculo vamos a tomar las distancias desde el centro de un panel o refuerzo (x) usando la cuaderna maestra y el panel en la que está situada.

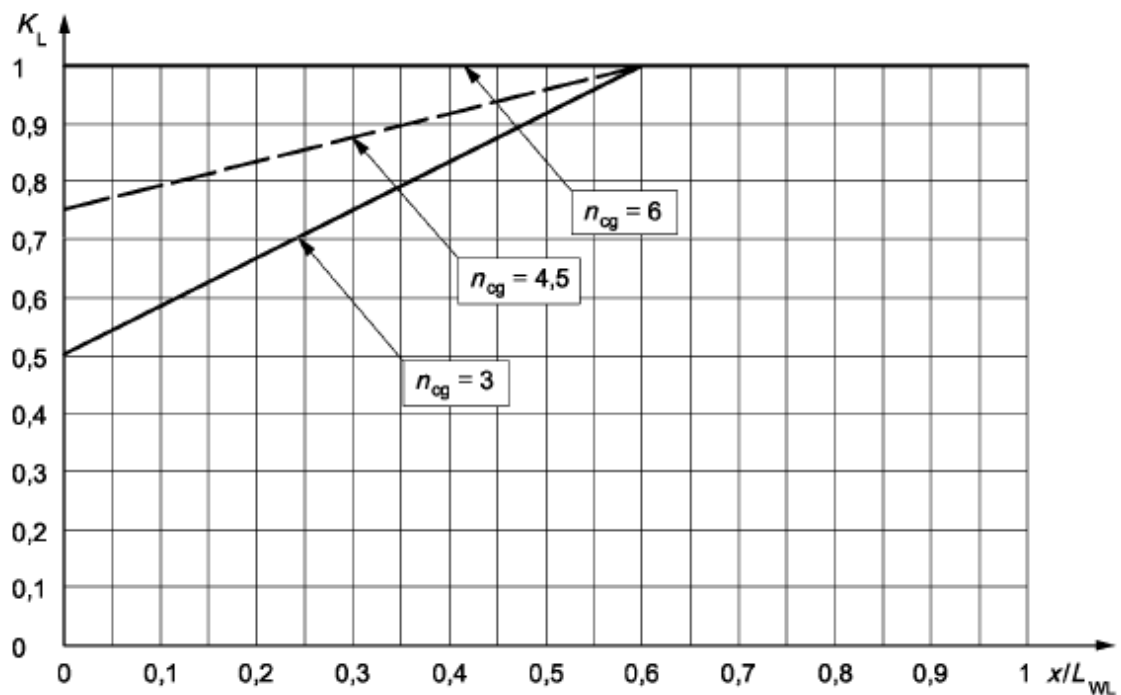
x del refuerzo=5,70 m

xG del panel=5,20 m

LWL=16,312 m

$$\frac{X \text{ del refuerzo}}{L_{wl}} = 0,35$$

$$\frac{X \text{ del panel}}{L_{wl}} = 0,32$$



Para el refuerzo:

$$kL=0,79$$

Para el panel:

$$kL=0,76$$

2.2.3 factor de reducción de presión según la superficie [kAR]

El factor de reducción de la presión según la superficie kAR tiene en cuenta la variación de las cargas de presión según el tamaño del panel o del refuerzo.

$$k_{AR} = \frac{k_R \times 0,1 \times m_{LDC}^{0,15}}{A_D^{0,3}}$$

donde

k_R es el factor estructural del elemento y tipo de embarcación.

m_{LDC} es la masa del desplazamiento en carga, en kilogramos. m_{LDC}=24867 kg

A_D es el área de diseño, en metros cuadrados.

Para los paneles:

b es la dimensión menor del panel, en milímetros.

l es la dimensión mayor del panel, en milímetros.

$$k_R = 1,5 - 3 \times 10^{-4} \times b$$

$$A_D = (l \times b) \times 10^{-6}$$

Los valores de k_{AR} no se deben coger menores a los dados por la siguiente tabla:

Categoría de diseño	Paneles de una sola capa y refuerzos de fondo y costados Paneles de una sola capa o tipo sandwich y refuerzos de cubiertas y superestructuras	Paneles tipo sandwich de fondo y costados ^a		
		$\frac{x}{L_{WL}} \leq 0,4$	$0,4 < \frac{x}{L_{WL}} < 0,6$	$\frac{x}{L_{WL}} \geq 0,6$
A	0,25 todas las embarcaciones casco y cubierta	0,4 todas las embarcaciones	Interpolación entre los valores $\frac{x}{L_{WL}} = 0,4$ y $0,6$	0,5 fondo de veleros y costado 0,5 fondo embarcaciones a motor 0,4 costado embarcaciones a motor
B	0,25 todas las embarcaciones casco y cubierta	0,4 todas las embarcaciones		0,4 todas las embarcaciones
C y D	0,25 todas las embarcaciones casco y cubierta	0,4 todas las embarcaciones		

^a El valor mínimo de k_{AR} se aplica a los requisitos de resistencia a la flexión o cizalla y con la flecha máxima.

Para los refuerzos:

s es la separación entre refuerzos, en milímetros.

lu es la luz entre apoyos de un refuerzo, en milímetros.

$$k_R = 1 - 2 \times 10^{-4} \times l_u$$

$$A_D = 0,33 \times l_u^2 \times 10^{-6};$$

2.2.4 factor de reducción de presión en el costado [kZ]

El factor de reducción de presión en el costado kZ interpola la presión del costado entre la presión de los fondos en la flotación y la presión de la cubierta en su borde superior.

$$k_Z = \frac{Z - h}{Z}$$

Z es la altura de la parte superior del casco o del límite casco/cubierta por encima de la línea de flotación, en metros.

h es la altura del centro del panel o del punto medio del refuerzo por encima de la flotación a plena carga, en metros.

2.2.5 factor de corrección de presión por efecto slamming [k_{SLS}]

El factor de corrección de presión k_{SLS} para los veleros ligeros y estables tiene en cuenta las presiones más elevadas debidas al efecto slamming que los veleros se pueden encontrar cuando navegan contra el viento, es decir, con un ángulo igual o inferior a 90° con respecto al viento real. Para embarcaciones de categoría de diseño A y B usaremos:

$$k_{SLS} = 1 \text{ si } m_{LDC} > 5 L_{WL}^3$$

$$k_{SLS} = \left(\frac{10 GZ_{MÁX. < 60} \times L_{WL}^{0,5}}{m_{LDC}^{0,33}} \right)^{0,5} \text{ si } m_{LDC} \leq 5 L_{WL}^3, \text{ pero no debe tomarse un valor } < 1$$

Cumplimos con la primera condición

Por tanto:

$$k_{SLS} = 1$$

3 Presiones de diseño

Para calcular las presiones de diseño de la embarcación se ha usado Excel. Se han desarrollado unas hojas en las que introduciendo los datos principales de la embarcación, y otros datos referentes a la situación y medida de paneles y refuerzos, calculan todos los coeficientes del apartado anterior, presiones y parámetros necesarios para el cálculo del espesor mínimo de cada panel y refuerzo, que posteriormente estudiaremos.

Debido a la complejidad de las hojas Excel creadas (las celdas de estas hojas contienen gran cantidad de funciones condicionales, máximos y mínimos, sumatorios, comparaciones entre celdas etc.) no resulta posible explicar de forma detallada todos los pasos realizados, de donde proviene cada término y como se obtienen los diferentes parámetros.

A continuación se describirá brevemente el contenido de cada una de estas hojas, sus entradas y salidas.

Lo primero será definir las características mas pedidas para el cálculo.

Lh=	18,00
Lwl=	16,31
Bwl=	3,99
mLDC=	19964
V=	11,46
Bc=	3,80
$\beta_{0,4}$ =	15
Categoría	A
Tipo de embarcación	3

donde

Lh Eslora del casco

Lwl eslora de flotación

Bwl manga de flotación

m_{LDC} desplazamiento a máxima carga

V velocidad máxima

Bc Manga entre pantoques a $0,4 \cdot Lwl$

$\beta_{0,4}$ ángulo del casco medido a la distancia Bc

Categoría categoría de diseño

Tipo de embarcación planeadora(1), desplazamiento(2), velero(3)

3.1 Análisis de Paneles

Para el análisis se ha dividido el barco en paneles mediante el programa Rhinoceros, a partir de ahí se analizan varios de ellos para el cálculo final

3.1.1 Paneles de Fondo

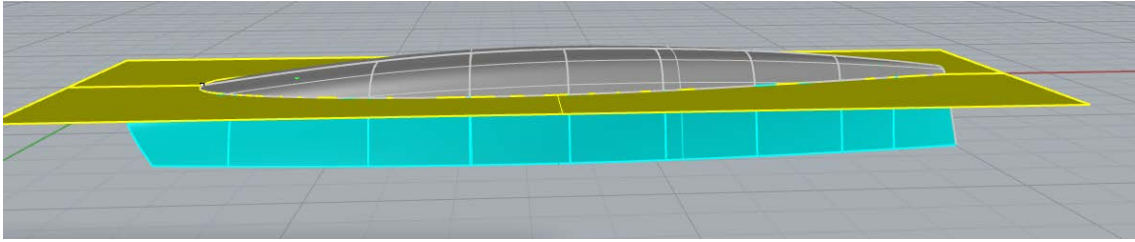


Figura 1. Paneles de fondo color gris

Como se aprecia en la imagen la flotación divide el fondo y el costado según el reglamento, a partir de aquí necesitaremos saber el centro de cada panel y su distancia a la parte posterior de la flotación.

El programa tiene una función para calcular el centro de la superficie, por lo que será sencilla la medición

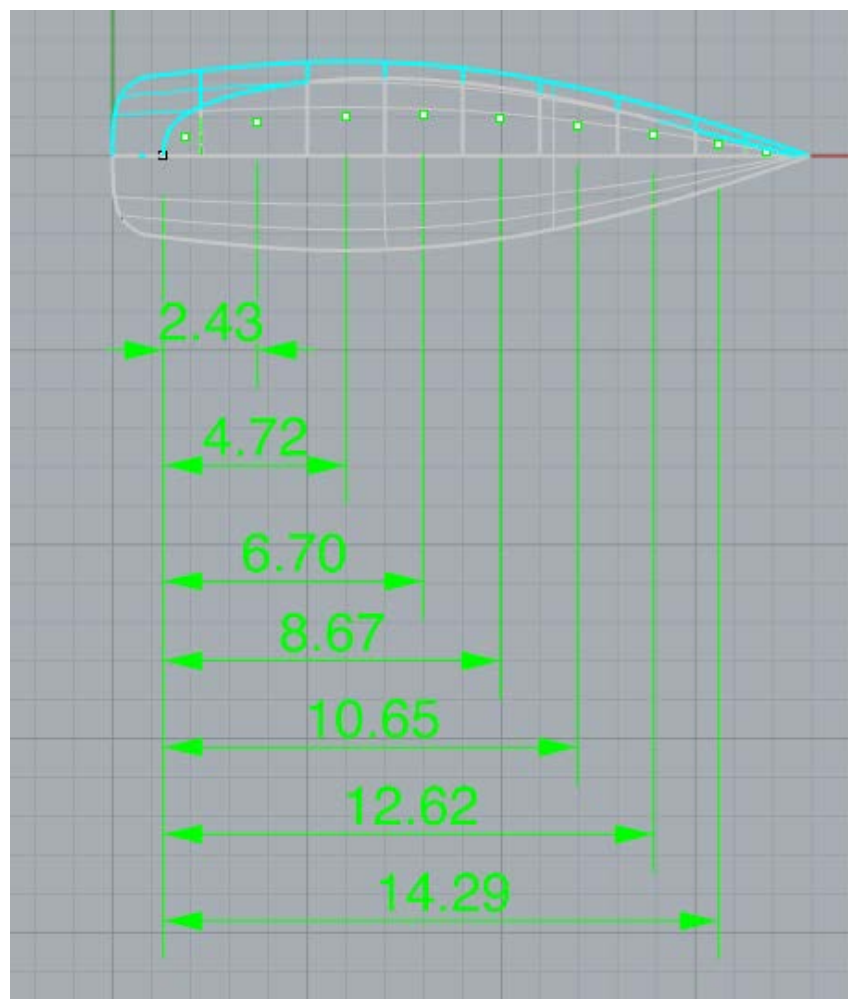


Figura 2. Cotas paneles fondo

PANEL FONDO	x (m)	I (mm)	b (mm)	% de eslora	kL	kR	AD (m2)	kAR
fondo1	2,43	2730	1270	14,90%	0,62	1,12	3,47	0,40
fondo2	4,72	2000	1910	28,94%	0,74	0,93	3,82	0,40
fondo3	6,70	2000	1890	41,07%	0,84	0,93	3,78	0,41
fondo4	8,67	2000	1600	53,15%	0,94	1,02	3,20	0,53
fondo5	10,65	2000	1160	65,29%	1,00	1,15	2,32	0,50
fondo6	12,62	2000	660	77,37%	1,00	1,30	1,32	0,53
fondo7	14,29	1300	320	87,60%	1,00	1,40	0,42	0,81

Con las hojas de Excel programadas será instantáneo obtener los factores de ajuste de presión(en fondo azul).

La norma nos dice que la presión de diseño en fondo PBS es el mayor valor de:

$$P_{BS} = P_{BS \text{ BASE}} \times k_{AR} \times k_{DC} \times k_L \text{ kN/m}^2 \text{ o}$$

$$P_{BS \text{ MIN}} = 0,35 m_{LDC}^{0,33} + 1,4 L_{WL} \times k_{DC} \text{ kN/m}^2$$

$$\text{donde } P_{BS \text{ BASE}} = (2 m_{LDC}^{0,33} + 18) \times k_{SLs} \text{ kN/m}^2$$

PANEL FONDO	% de eslora	PBS BASE (KN/m2)	PBS MIN (KN/m2)	PBS (KN/m2)	P FINAL (KN/m2)
fondo1	14,90%	81,84	32,02	20,46	32,02
fondo2	28,94%	81,84	32,02	24,28	32,02
fondo3	41,07%	81,84	32,02	28,32	32,02
fondo4	53,15%	81,84	32,02	41,02	41,02
fondo5	65,29%	81,84	32,02	40,92	40,92
fondo6	77,37%	81,84	32,02	43,29	43,29
fondo7	87,60%	81,84	32,02	66,00	66,00

La máxima presión se dará en los paneles mas cercanos al extremo de proa con valor de 66,00 KN/m2

3.1.2 Paneles de Costado

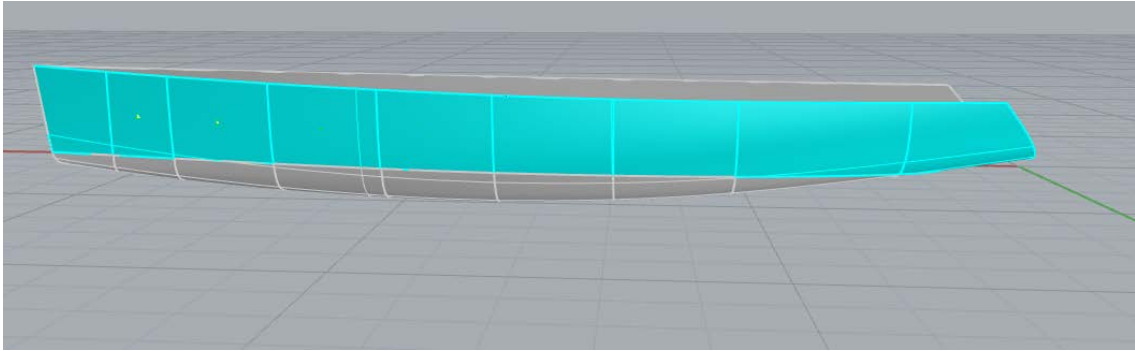


Figura 3 .Paneles costado

Los paneles analizados en el costado son los que indica la figura anterior, utilizaremos el mismo método que anteriormente.

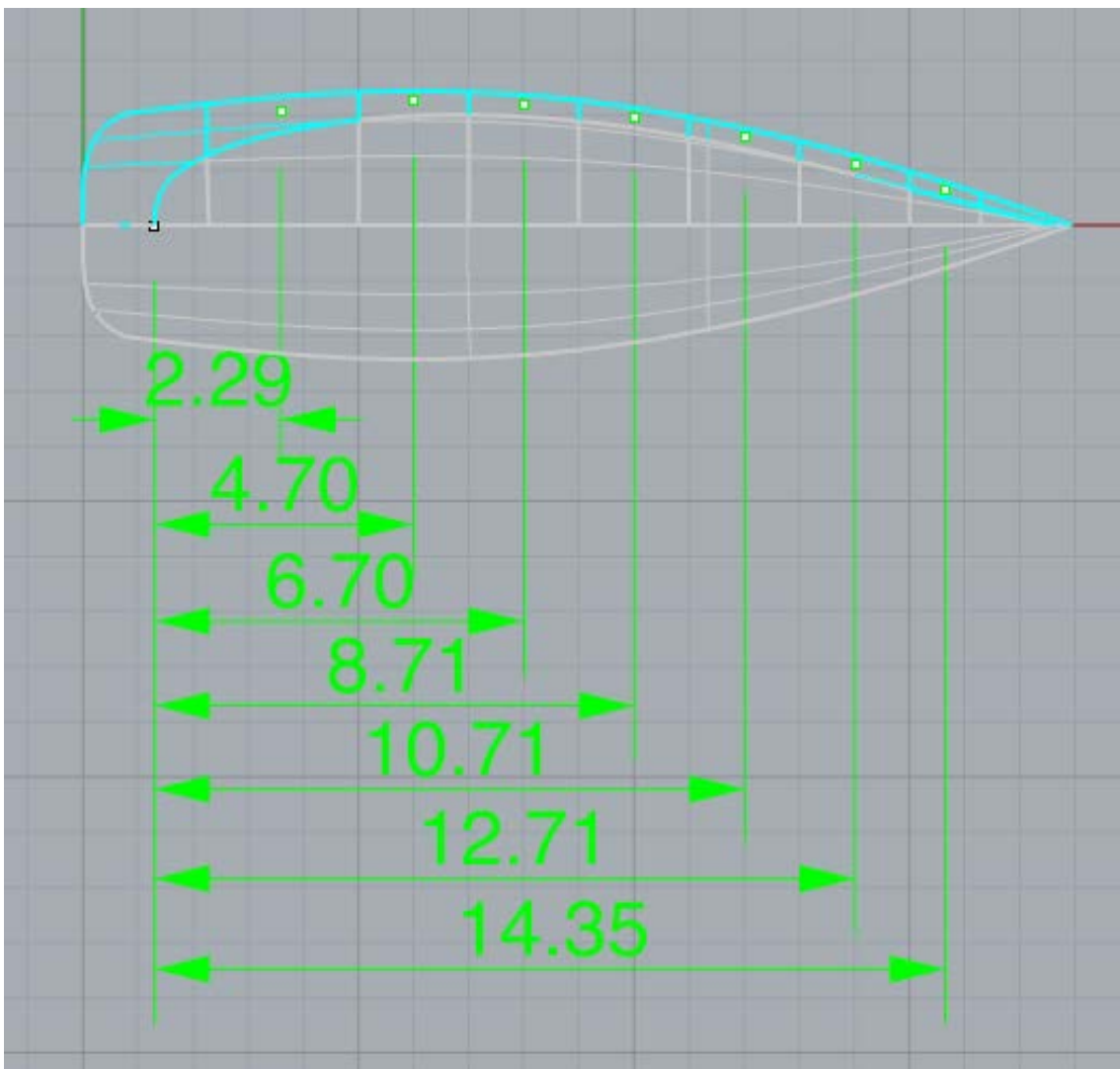


Figura 4. Cotas paneles costado

Por tratarse del costado tendremos 2 factores más que medir en los paneles, la h (altura del centro del panel a la flotación) y la Z (altura de la zona superior del casco por encima de la flotación). La norma nos facilitará unas instrucciones para su medición

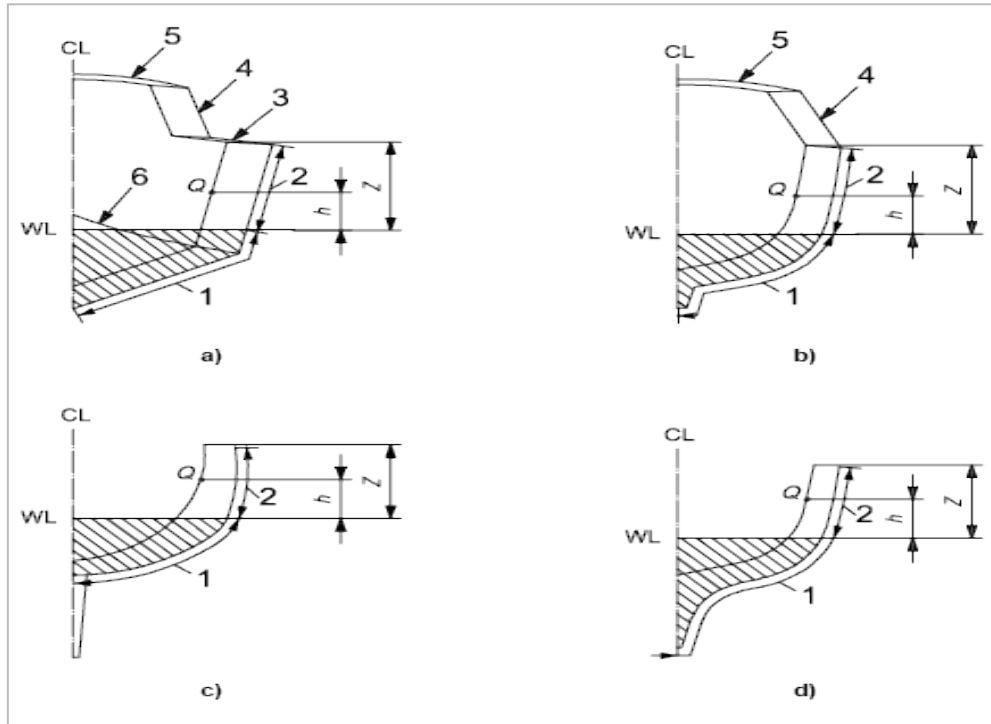


Figura 5. Medición de Z y h para diferentes tipos de carenas

PANEL COSTADO	X (m)	l (mm)	b (mm)	Z (m)	h (m)	% de eslora	k_L	k_Z	k_R	AD (m ²)	k_{AR}
costado1	2,29	2730	1280	1,28	0,59	14,04%	0,62	0,54	1,12	3,49	0,40
costado2	4,70	2000	1300	1,30	0,63	28,81%	0,74	0,52	1,11	2,60	0,40
costado3	6,70	2000	1300	1,30	0,65	41,07%	0,84	0,50	1,11	2,60	0,41
costado4	8,71	2000	1340	1,34	0,67	53,40%	0,95	0,50	1,10	2,68	0,53
costado5	10,71	2000	1390	1,39	0,70	65,66%	1,00	0,50	1,08	2,78	0,50
costado6	12,71	2000	1450	1,45	0,74	77,92%	1,00	0,49	1,07	2,90	0,50
costado7	14,35	1560	1300	1,30	0,77	87,97%	1,00	0,41	1,11	2,03	0,50

A partir de estos datos la norma nos dice que la presión de diseño en el costado P_{SS} es el mayor valor de:

$$P_{SS} = \left[(P_{DS\text{ BASE}} + k_Z) \times (P_{BS\text{ BASE}} - P_{DS\text{ BASE}}) \right] \times k_{AR} \times k_{DC} \times k_L \text{ kN/m}^2 \text{ o}$$

$$P_{SS\text{ MÍN.}} = 1,4 L_{WL} \times k_{DC} \text{ pero no se debe tomar por debajo de } 5 \text{ kN/m}^2$$

donde:

$$P_{DS\text{ BASE}} = 0,5 m_{LDC}^{0,33} + 12 \text{ kN/m}^2$$

PANEL COSTADO	% de eslora	PSS MIN (KN/m2)	PSS (KN/m2)	P FINAL (KN/m2)
costado1	14,04%	22,84	13,76	22,84
costado2	28,81%	22,84	16,10	22,84
costado3	41,07%	22,84	18,51	22,84
costado4	53,40%	22,84	26,99	26,99
costado5	65,66%	22,84	26,64	26,64
costado6	77,92%	22,84	26,45	26,45
costado7	87,97%	22,84	24,12	24,12

La máxima presión se dará en el panel a un 53,40% de la eslora con un valor de 26,99 KN/m2

3.1.3 Paneles de Cubierta

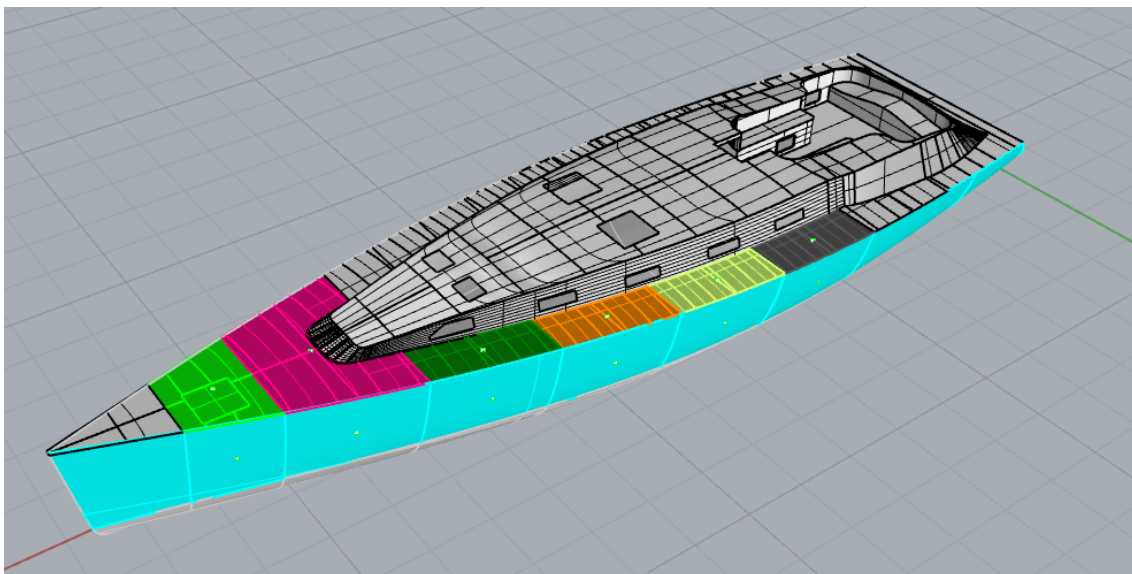


Figura 6 Paneles analizados en la cubierta

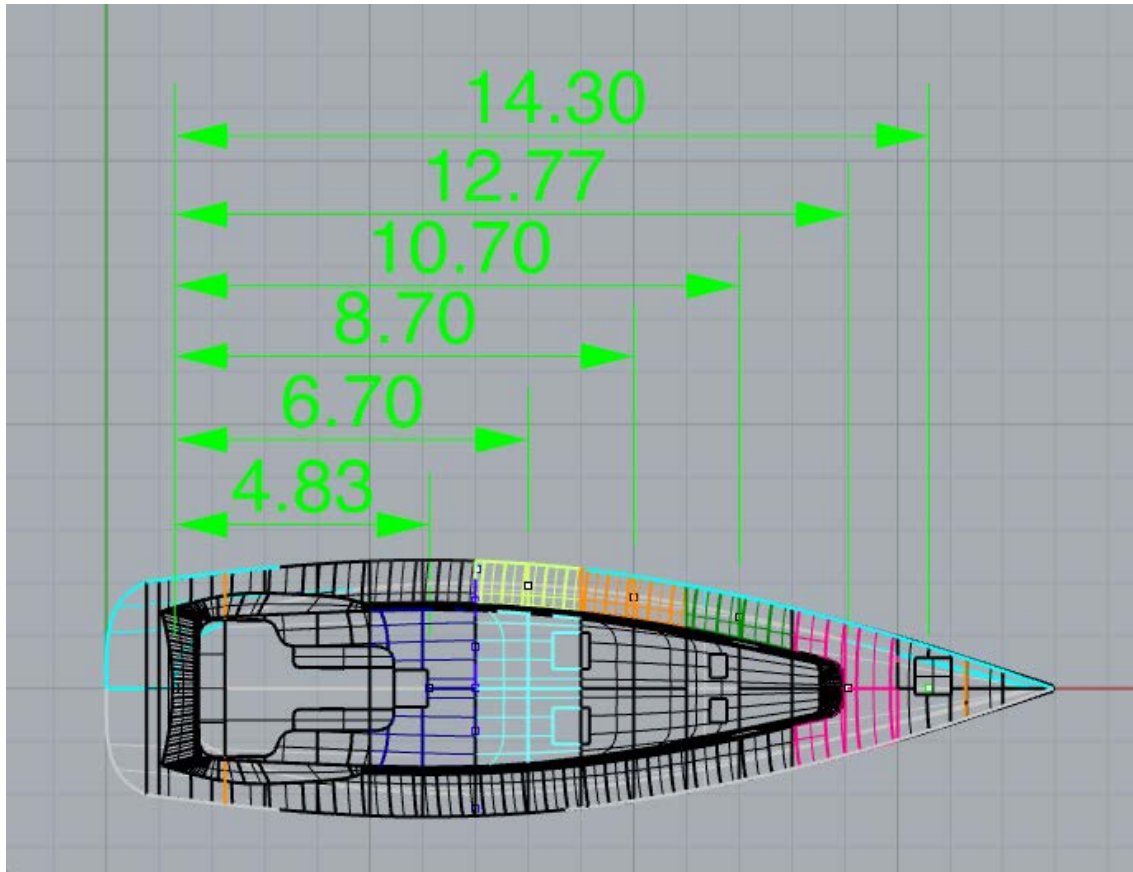


Figura 7. Cotas de paneles cubierta

PANEL CUBIERTA	X (m)	l (mm)	b (mm)	% de eslora	kL	kR	AD (m2)	kAR
cubierta1	4,70	2000	800	28,81%	0,74	1,26	1,60	0,50
cubierta2	6,70	2000	800	41,07%	0,84	1,26	1,60	0,50
cubierta3	6,70	2900	2000	41,07%	0,84	0,90	5,80	0,25
cubierta4	8,70	2000	800	53,33%	0,94	1,26	1,60	0,50
cubierta5	10,70	2000	800	65,60%	1,00	1,26	1,60	0,50
cubierta6	12,77	2400	2000	78,29%	1,00	0,90	4,80	0,25
cubierta7	14,30	1490	1310	87,67%	1,00	1,11	1,95	0,41

Y para la cubierta la presión de diseño P_{DS} es el mayor valor de:

$$P_{DS} = P_{DS\text{BASE}} \times k_{DC} \times k_{AR} \times k_L \text{ kN/m}^2 \text{ o}$$

$$P_{DS\text{MÍN.}} = 5 \text{ kN/m}^2$$

Por lo que obtendremos:

PANEL CUBIERTA	% de eslora	PDS BASE (KN/m2)	PDS MIN (KN/m2)	PDS (KN/m2)	P FINAL (KN/m2)
cubierta1	29,61%	25,12	5,00	4,69	5,00
cubierta2	41,07%	25,12	5,00	10,23	10,23
cubierta3	41,07%	25,12	5,00	5,29	5,29
cubierta4	53,33%	25,12	5,00	11,46	11,46
cubierta5	65,60%	25,12	5,00	12,14	12,14
cubierta6	78,29%	25,12	5,00	6,28	6,28
cubierta7	87,67%	25,12	5,00	10,05	10,05

La máxima presión se dará en el panel a 65,60% de la eslora con un valor de 12,14 KN/m2

3.1.4 Resumen de presiones máximas en los paneles

	PRESIÓN (kN/m2)
FONDO [PBS]	66,00
COSTADO [PSS]	26,99
CUBIERTA [PDS]	12,14

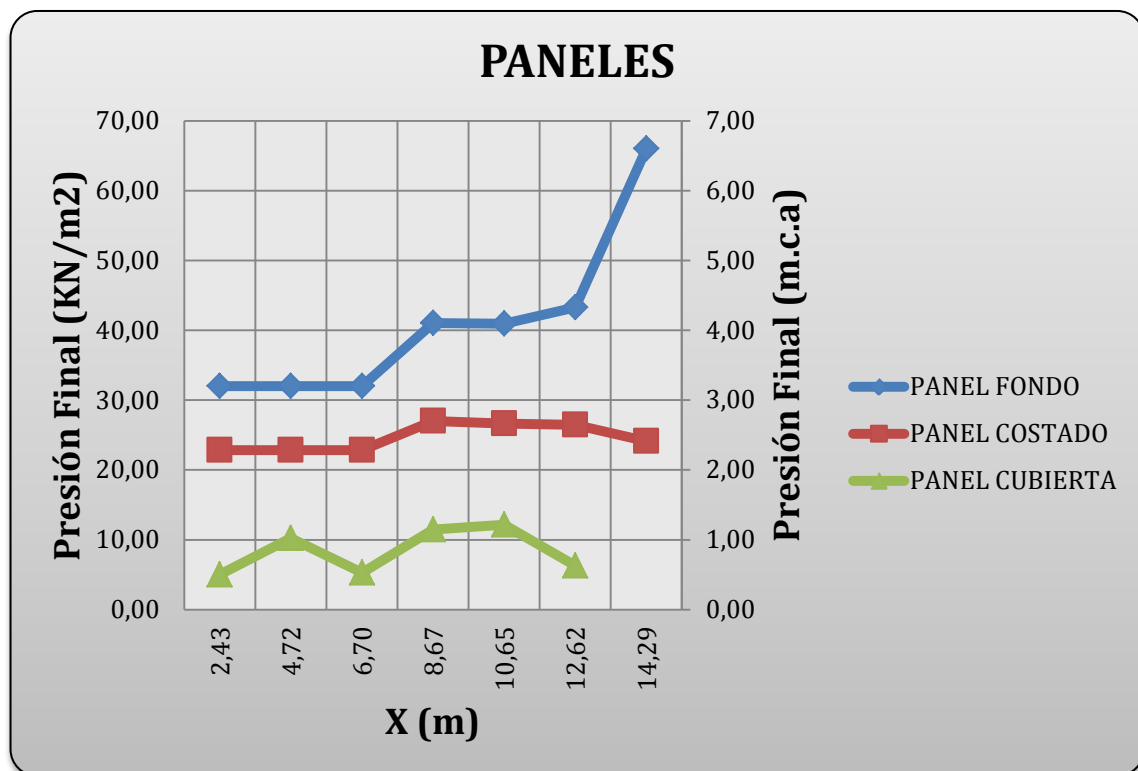


Figura 8 . Gráfico con presiones en todas las zonas

En la gráfica anterior se representan las presiones finales de cada zona a lo largo de la eslora del barco, aquí se puede observar con claridad las zonas de más presión que, generalmente están mas a proa.

3.2 Análisis de Refuerzos

Para el cálculo de las presiones de los refuerzos se utilizan exactamente las mismas formulas que para los paneles.

en algún momento necesitaremos la distancia entre cuadernas "s". Entonces según la ISO 12215-5, si tres refuerzos consecutivos no tienen la misma separación, "s" es el valor medio de sus separaciones.

3.2.1 Refuerzos de fondo

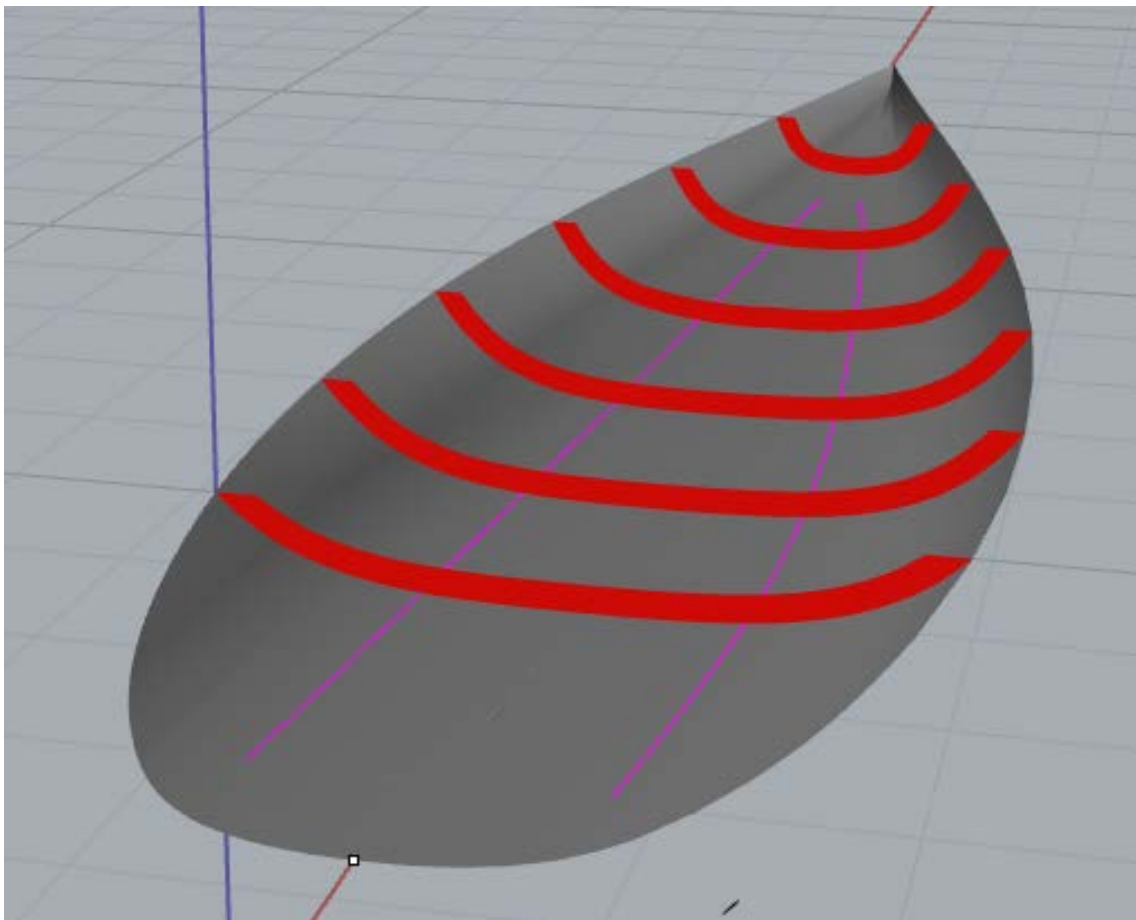


Figura 9 Refuerzos de fondo

Para los refuerzos tendremos que tener en cuenta la luz entre ellos, que la normal nos dice que se miden de la siguiente manera:

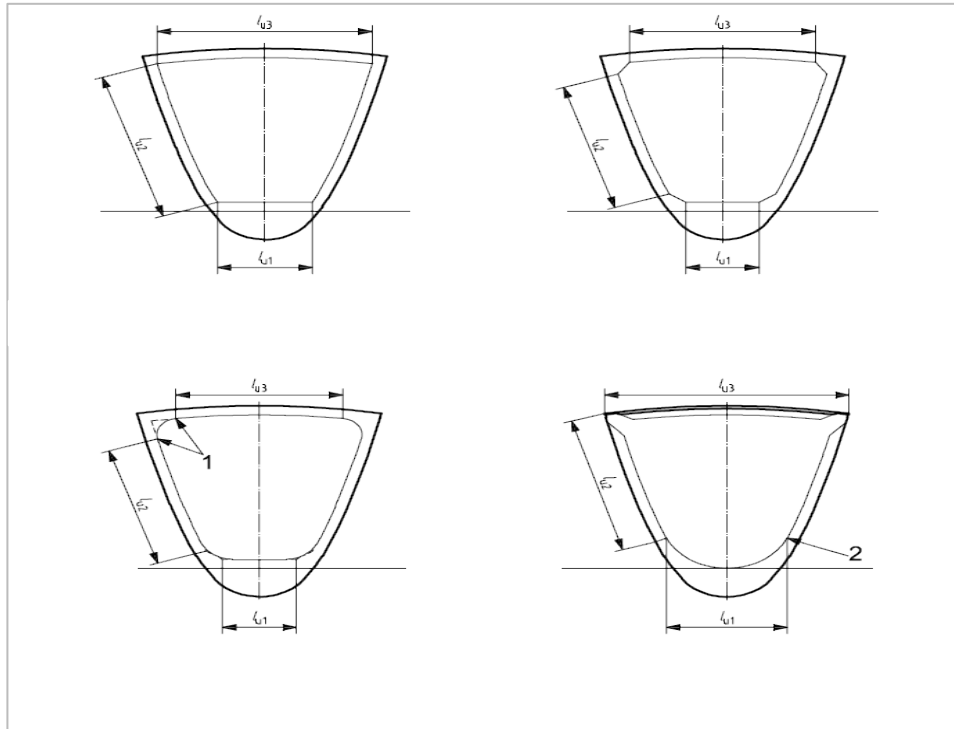


Figura 10 Medida de lu (luz entre refuerzos)

REFUERZO FONDO	X (m)	s (mm)	lu (mm)	% de eslora	kL	kR	AD (m2)	kAR
ref1	3,70	2370	820	22,68%	0,69	0,84	1,94	0,30
ref2	5,70	2000	800	34,94%	0,79	0,84	1,60	0,32
ref3	7,70	2000	700	47,20%	0,89	0,86	1,40	0,34
ref4	9,70	2000	550	59,47%	1,00	0,89	1,10	0,38
ref5	11,70	2000	340	71,73%	1,00	0,93	0,68	0,46
ref6	13,70	2000	500	83,99%	1,00	0,90	1,00	0,40

REFUERZO FONDO	X (m)	s (mm)	lu (mm)	% de eslora	kL	kR	AD (m2)	kAR
Longitudinal1	6,83	1300	400	41,87%	0,85	0,92	0,52	0,51

Y los resultados de las presiones son:

REFUERZO FONDO	% de eslora	PBS BASE (KN/m2)	PBS MIN (KN/m2)	PBS (KN/m2)	P FINAL (KN/m2)
ref1	22,68%	81,84	32,02	17,07	32,02
ref2	34,94%	81,84	32,02	20,87	32,02
ref3	47,20%	81,84	32,02	25,10	32,02
ref4	59,47%	81,84	32,02	31,11	32,02
ref5	71,73%	81,84	32,02	37,81	37,81
ref6	83,99%	81,84	32,02	32,52	32,52

REFUERZO FONDO	% de eslora	PBS BASE (KN/m2)	PBS MIN (KN/m2)	PBS (KN/m2)	P FINAL (KN/m2)
Longitudinal1	41,87%	74,44	32,71	32,30	32,71

3.2.2 Refuerzos de Costado

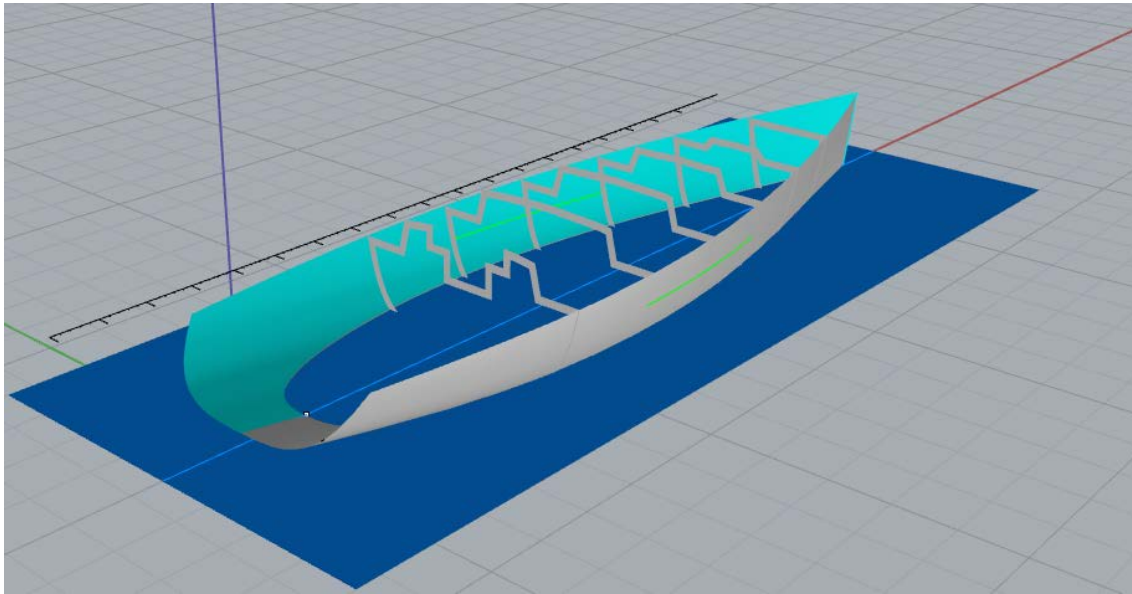


Figura 11. Figura refuerzos costado y cubierta

REFUERZO COSTADO	X (m)	s (mm)	lu (mm)	Z (m)	h (m)	% de eslora	kL	kZ	kR	AD (m2)	kAR
cuad1	3,70	2370	1400	1,28	0,57	22,68%	0,69	0,55	0,72	3,32	0,25
cuad2	5,70	2000	1200	1,30	0,00	34,94%	0,79	1,00	1,14	2,40	0,39
cuad2	5,70	2000	520	1,30	0,84	34,94%	0,79	0,35	1,34	1,04	0,59
cuad3	7,70	2000	1300	1,34	0,00	47,20%	0,89	1,00	1,11	2,60	0,37
cuad3	7,70	2000	550	1,34	0,87	47,20%	0,89	0,35	1,34	1,10	0,57
cuad4	9,70	2000	1300	1,39	0,00	59,47%	1,00	1,00	1,11	2,60	0,37
cuad4	9,70	2000	550	1,39	0,94	59,47%	1,00	0,32	1,34	1,10	0,57
cuad5	11,70	2000	1800	1,45	0,65	71,73%	1,00	0,55	0,96	3,60	0,29
cuad6	13,70	2000	1370	1,52	0,68	83,99%	1,00	0,55	1,09	2,74	0,36

REFUERZO COSTADO	X (m)	s (mm)	lu (mm)	Z (m)	h (m)	% de eslora	kL	kZ	kR	AD (m2)	kAR
palmejar	7,70	900	460	1,34	0,64	47,20%	0,89	0,52	0,91	0,41	0,54

Y los resultados de las presiones son:

REFUERZO COSTADO	% de eslora	PSS MIN (KN/m2)	PSS (KN/m2)	P FINAL (KN/m2)
cuad1	22,68%	22,84	9,76	22,84
cuad2	34,94%	22,84	25,08	25,08
cuad2	34,94%	22,84	20,98	22,84
cuad3	47,20%	22,84	26,91	26,91
cuad3	47,20%	22,84	23,04	23,04
cuad4	59,47%	22,84	29,98	29,98
cuad4	59,47%	22,84	24,80	24,80
cuad5	71,73%	22,84	16,28	22,84
cuad6	83,99%	22,84	20,06	22,84

REFUERZO COSTADO	% de eslora	PSM MIN (KN/m2)	PSMP (KN/m2)	P MAX PLA (KN/m2)
palmejar	47,20%	22,84	24,78	24,78

3.2.3 Refuerzos de Cubierta

REFUERZO CUBIERTA	X (m)	s (mm)	lu (mm)	% de eslora	kL	kR	AD (m2)	kAR
bao1a	3,70	2370	920	22,68%	0,69	0,82	2,18	0,29
bao1b	3,70	2370	1490	22,68%	0,69	0,70	3,53	0,25
bao2a	5,70	2000	900	34,94%	0,79	0,82	1,80	0,30
bao2b	5,70	2000	1500	34,94%	0,79	0,70	3,00	0,25
bao3a	7,70	2000	920	47,20%	0,89	0,82	1,84	0,30
bao3b	7,70	2000	1340	47,20%	0,89	0,73	2,68	0,25
bao4a	9,70	2000	900	59,47%	1,00	0,82	1,80	0,30
bao4b	9,70	2000	1050	59,47%	1,00	0,79	2,10	0,28
bao5a	11,70	2000	870	71,73%	1,00	0,83	1,74	0,31
bao5b	11,70	2000	720	71,73%	1,00	0,86	1,44	0,34
bao6	13,70	2000	1600	83,99%	1,00	0,68	3,20	0,25

Calculando las presiones:

REFUERZO CUBIERTA	% de eslora	PDS BASE (KN/m2)	PDS MIN (KN/m2)	PDS (KN/m2)	P FINAL (KN/m2)
bao1a	22,68%	25,12	5,00	4,94	5,00
bao1b	22,68%	25,12	5,00	4,33	5,00
bao2a	34,94%	25,12	5,00	6,04	6,04

bao2b	34,94%	25,12	5,00	4,97	5,00
bao3a	47,20%	25,12	5,00	6,74	6,74
bao3b	47,20%	25,12	5,00	5,61	5,61
bao4a	59,47%	25,12	5,00	7,59	7,59
bao4b	59,47%	25,12	5,00	6,98	6,98
bao5a	71,73%	25,12	5,00	7,76	7,76
bao5b	71,73%	25,12	5,00	8,51	8,51
bao6	83,99%	25,12	5,00	6,28	6,28

3.2.4 Resumen de presiones máximas en los refuerzos

3.2.4.1 Refuerzos transversales

	PRESIÓN (kN/m ²)
FONDO [PBS]	37,81
COSTADO [PSS]	29,98
CUBIERTA [PDS]	8,51

3.2.4.2 Refuerzos longitudinales (locales)

	PRESIÓN (kN/m ²)
FONDO [PBS]	32,71
COSTADO [PSS]	24,74

3.3 Presión de diseño en mamparos

3.3.1 Mamparos Estancos

La presión de diseño P_{WB} de los mamparos estancos es de:

$$P_{WB} = 7 h_B \text{ kN/m}^2$$

donde h_B es la altura de carga de agua, medida como indica la siguiente figura:

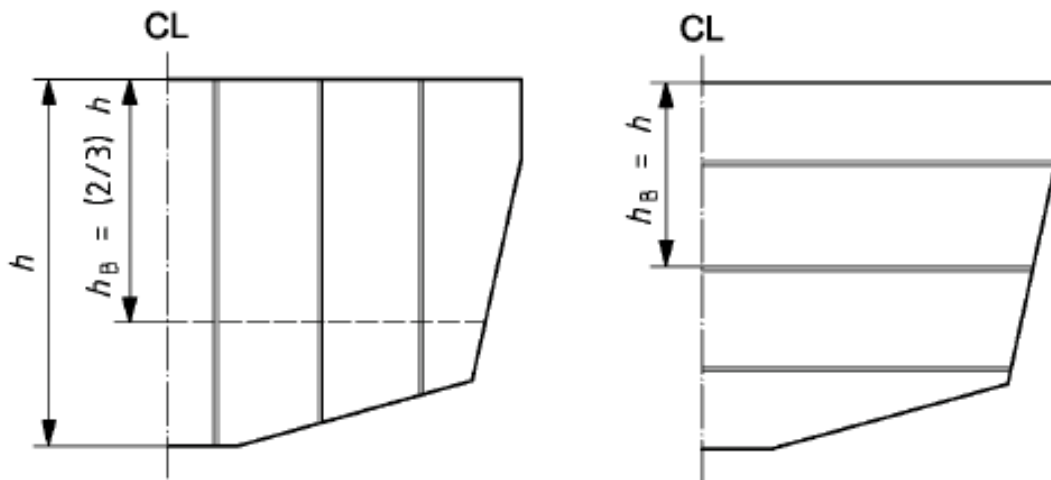


Figura 12. Medición h mamparos

MAMPARO	h (m)	Tipo	X (m)	% de eslora	hB	P WB (KN/m2)
colisión	2	1	14,99	91,90%	1,27	8,91
pique de popa	2	1	0,96	5,89%	1,21	8,49

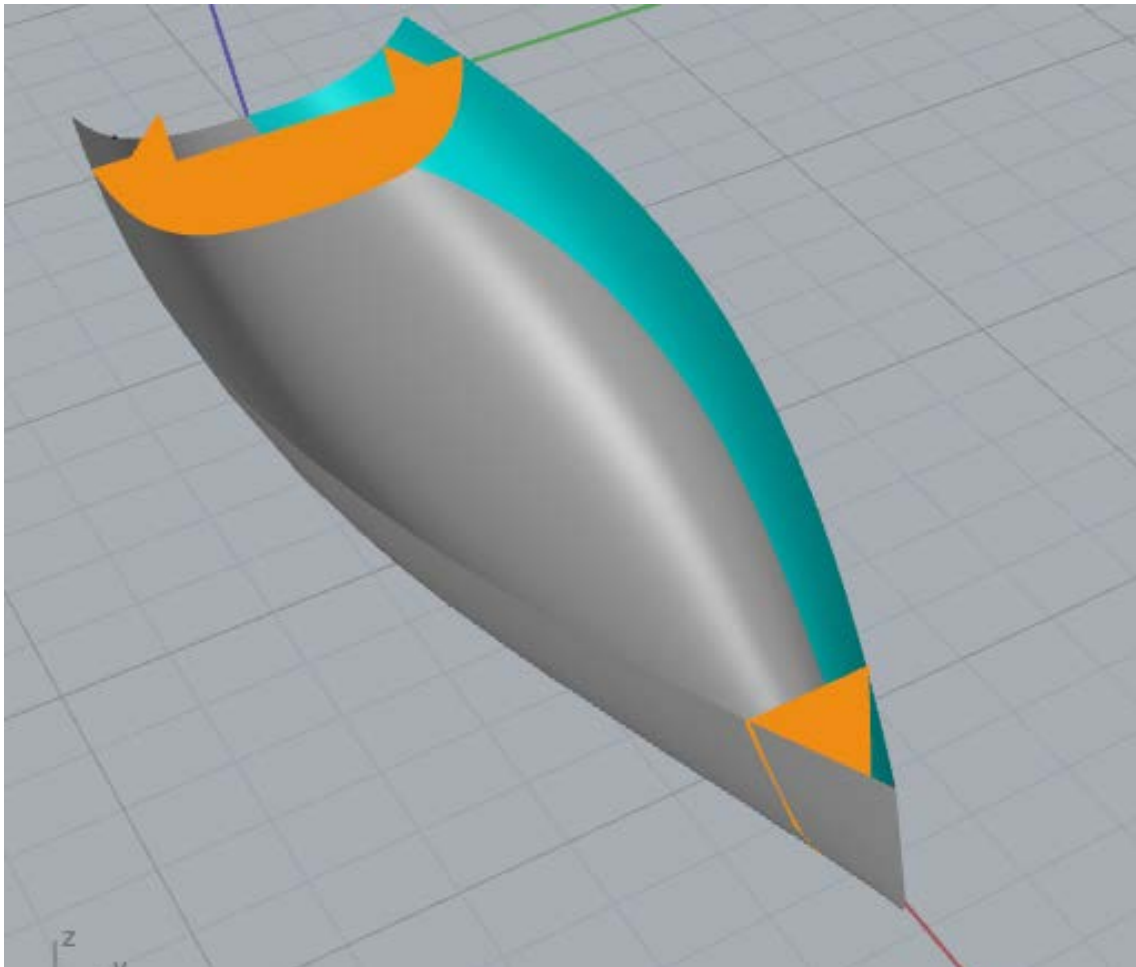


Figura 13 Situación mamparos estructurales a lo largo de la eslora

4 Escantillonado de Paneles

Una vez calculadas las presiones, procederemos a calcular el escantillonado usando los paneles de cada zona sometidos a más presión, porque, al ser un laminado en sándwich de espesor constante a lo largo de la misma zona, el barco tendrá que aguantar la máxima presión calculada en la misma. Sin embargo calcularemos también los valores mínimos para los paneles de área mas grande, por si en alguna zona sobrepasa a los paneles sometidos a mayor presión.

4.1 Paneles sometidos a más presión

Presentamos los paneles sometidos a mas presión de cada una de las zonas:

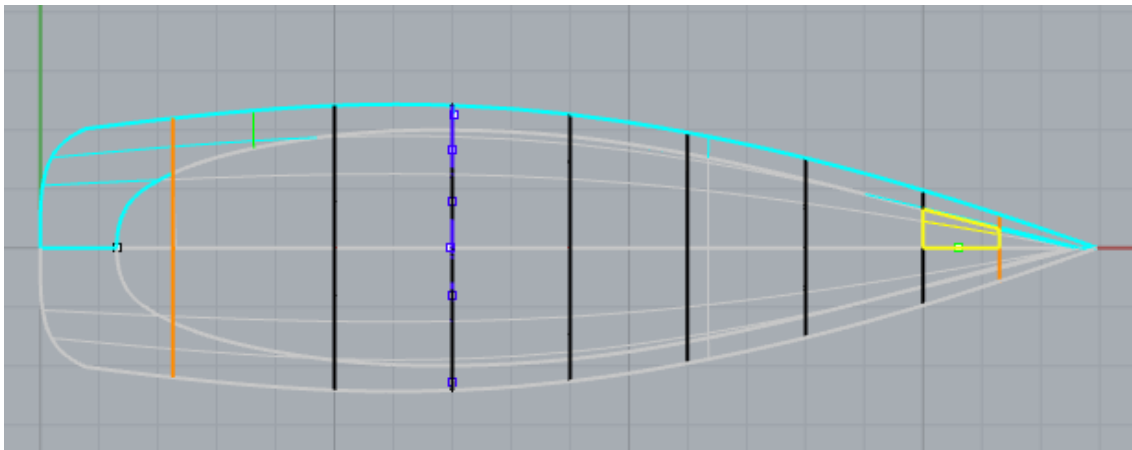


Figura 14 Panel sometido a más presión el fondo, el panel 7

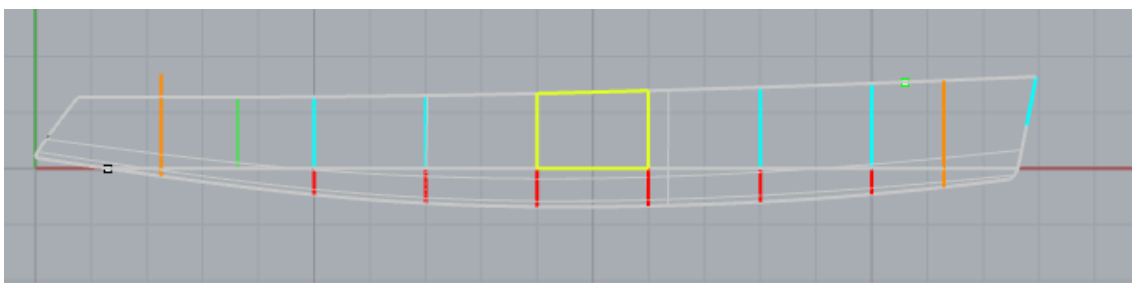


Figura 15 Panel sometido a más presión en el costado, el panel 4

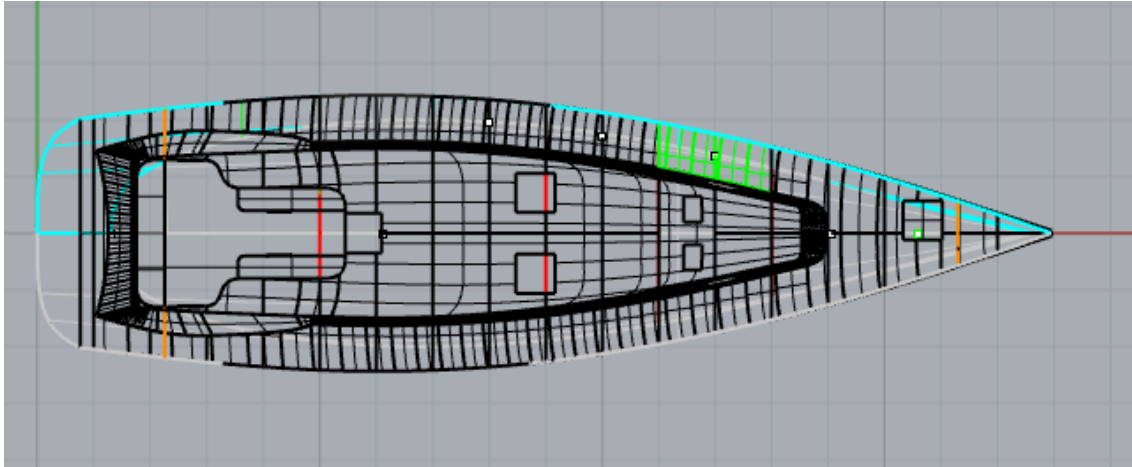


Figura 16 Panel sometido a más presión en la cubierta, el panel 5

4.1.1 Factor de deformación por flexión [k_1]

El factor de deformación por flexión k_1 se utiliza solamente para los estratificados de FRP tipo sándwich.

$$k_1=0,017$$

4.1.2 Factor de alargamiento del panel por resistencia a la flexión [k_2] y por rigidez a la flexión [k_3]

Los factores de alargamiento del panel por resistencia a la flexión k_2 y por rigidez a la flexión k_3 figuran en la siguiente tabla, dependen del alargamiento del panel (l/b):

Alargamiento del panel l/b	Factor k_2 k_2 debe tomarse = 0,5 para un costado de madera laminada	Factor k_3
> 2,0	0,500	0,028
2,0	0,497	0,028
1,9	0,493	0,027
1,8	0,487	0,027
1,7	0,479	0,026
1,6	0,468	0,025
1,5	0,454	0,024
1,4	0,436	0,023
1,3	0,412	0,021
1,2	0,383	0,019
1,1	0,349	0,016
1,0	0,308	0,014

Para Fondo

$$\text{alargamiento panel} = \frac{l}{b} = \frac{1300}{320} = 4,06$$

$$\mathbf{k_2=0,5 \text{ y } k_3=0,028}$$

Para Costado

$$\text{alargamiento panel} = \frac{l}{b} = \frac{2000}{1340} = 1,5$$

$$\mathbf{k_2=0,454 \text{ y } k_3=0,024}$$

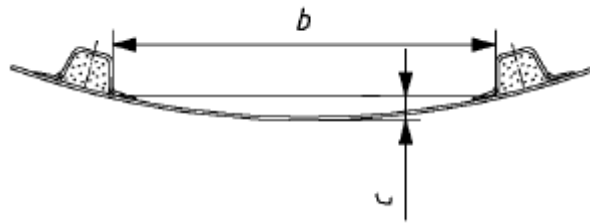
Para Cubierta

$$\text{alargamiento panel} = \frac{l}{b} = \frac{2000}{800} = 2,5$$

$$\mathbf{k_2=0,5 \text{ y } k_3=0,028}$$

4.2 factor de corrección de la curvatura de los paneles [k_c]

El factor de corrección de la curvatura k_c se da en la siguiente tabla, donde c es el abombamiento (curvatura) del panel, tal y como se define en la figura



c/b	k_c
0 a 0,03	1,0
0,03 a 0,18	$1,1 - \frac{3,33c}{b}$
> 0,18	0,5

Para Fondo

$$\frac{c}{b} = \frac{0,05}{0,15} = 0,33$$

$$K_c = 1,0$$

Para Costado

$$\frac{c}{b} = \frac{0,04}{0,64} = 0,0625 \rightarrow K_c = 1,1 - \frac{3,33 * 0,04}{0,64} = 0,89$$

$$K_c = 0,89$$

Para Cubierta

$$\frac{c}{b} = \frac{0}{200} = 0,025 \text{ sin abombamiento}$$

$$K_c = 1,0$$

4.2.1 Tensiones de diseño para los paneles tipo sándwich

Las Tensiones de diseño para los paneles de FRP tipo sándwich:

En capas exteriores:

$$\sigma_{dto} = 0,5\sigma_{ut}$$

donde :

σ_{dto} es la tensión de diseño en tracción sobre la capa exterior

σ_{ut} es la resistencia mínima a la tracción de la capa (tensión de rotura), en newtons por milímetro cuadrado.

En las capas interiores el menor valor de:

$$\sigma_{dci} = \min \left(0,5 \sigma_{uc} \quad ; \quad 0,3 \sqrt[3]{E_c \times E_{co} \times G_c} \right)$$

donde:

σ_{dci} es la tensión de diseño en compresión sobre la capa interior

σ_{uc} es la resistencia mínima en compresión (tensión de rotura) de la capa, en newtons por milímetro cuadrado.

E_c es el módulo E de compresión según la dirección 0°/90° de la capa interior en el plano del panel, en newtons por milímetro cuadrado.

E_{co} es el módulo E de compresión del núcleo, en dirección perpendicular a las capas, en newtons por milímetro cuadrado.

G_c es el módulo de cizalla del núcleo en la dirección paralela a la carga, en newtons por milímetro cuadrado.

CARACTERISTICAS DEL TIPO DE FIBRA DE CARBONO

Para la fabricación del casco, cubierta y de todos los elementos estructurales del velero usaremos una fibra de carbono tipo roving (biaxial 0°/90°), para una laminación por bolsa de vacío, cuyas características son:

$$\psi = 0,49$$

$$t = 0,596 \text{ mm}$$

$$w_c = 0,42 \text{ kg/m}^2$$

donde:

ψ es la masa del contenido de fibra de carbono en el laminado (masa seca de fibra dividido por la masa de la fibra más la resina).

t es el espesor.

w_c es la masa de fibra.

Resistencia de rotura por tracción (dirección 0 ó 90°), $\sigma_{ut}=395 \text{ N/mm}^2$

Resistencia de rotura por compresión (dirección 0 ó 90°), $\sigma_{uc}=244 \text{ N/mm}^2$

Módulo elástico en el plano (dirección 0 ó 90°), $E=40000 \text{ N/mm}^2$

Resistencia de rotura por cizalla en el plano, $\tau_u=51 \text{ N/mm}^2$

Módulo de cizalla en el plano, $G=5100 \text{ N/mm}^2$

Coefficiente de Poisson=0,05

Resistencia de rotura por flexión, $\sigma_{uf}=377 \text{ N/mm}^2$

CARACTERISTICAS DEL TIPO DE SANDWICH

Usaremos sándwich en fondo, costado y cubierta, el núcleo será de PVC lineal con una densidad de 100 kg/m^3 , cuyas características son:

Resistencia mínima a la cizalla, $\tau_u=1,07 \text{ N/mm}^2$

Módulo de cizalla, $G_c=24 \text{ N/mm}^2$

Resistencia en compresión, $\sigma_{uc}=0,96 \text{ N/mm}^2$

Módulo de elasticidad en compresión, $E_{co}=65 \text{ N/mm}^2$

Alargamiento a la rotura= 55%

4.2.2 Mínimos valores de módulo de inercia y segundo momento

El módulo de inercia mínimo requerido alrededor de la fibra neutra de una tira de un panel tipo sandwich no debe ser inferior a los valores dados en las siguientes ecuaciones.

Módulo mínimo de inercia requerido para la capa exterior de una tira de un panel tipo sandwich de 1 cm de anchura:

$$SM_o/1 \text{ cm anchura} = \frac{b^2 \times k_C^2 \times P \times k_2}{6 \times 10^5 \times \sigma_{dto}} \text{ capa exterior cm}^3/\text{cm}$$

Módulo mínimo de inercia requerido para la capa interior de una tira de un panel tipo sandwich de 1 cm de anchura:

$$SM_i/1 \text{ cm anchura} = \frac{b^2 \times k_C^2 \times P \times k_2}{6 \times 10^5 \times \sigma_{dci}} \text{ capa interior cm}^3/\text{cm}$$

Segundo momento mínimo (momento de inercia) requerido para una tira de un panel tipo sandwich de una anchura de 1 cm:

$$I/1 \text{ cm anchura} = \frac{b^3 \times k_C^3 \times P \times k_3}{12 \times 10^6 \times k_1 \times E_{io}} \text{ cm}^4/\text{cm}$$

Calculamos las tensiones de diseño definidas anteriormente con los valores que obtuvimos de las características del tipo de fibra.

$$\begin{aligned}\sigma_{dci} &= 0,5\sigma_{uc} = 0,5 * 244 = 122 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{dci} &= 0,3\sqrt[3]{E_C * E_{CO} * G_C} = 0,3\sqrt[3]{40000 * 65 * 24} = 119 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

cogemos la mas pequeña de las dos.

$$\sigma_{dci} = 119 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{dto} = 0,5 * \sigma_{ut} = 0,5 * 395 = 197,5 \text{ N/mm}^2$$

Paneles Fondo

$$SM_o = \frac{b^2 * k_C^2 * P * k_2}{6 * 10^5 * \sigma_{dto}} = \frac{320^2 * 1^2 * 66,00 * 0,5}{6 * 10^5 * 197,5} = 0,028 \text{ cm}^3/\text{cm}$$

$$SM_i = \frac{b^2 * k_C^2 * P * k_2}{6 * 10^5 * \sigma_{dci}} = \frac{320^2 * 1^2 * 66,00 * 0,5}{6 * 10^5 * 119} = 0,047 \text{ cm}^3/\text{cm}$$

$$I = \frac{b^3 * k_C^3 * P * k_3}{12 * 10^6 * k_1 * E_{io}} = \frac{320^3 * 1^3 * 66,00 * 0,028}{12 * 10^6 * 0,017 * 40000} = 7,42 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^4/\text{cm}$$

Paneles Costado

$$SM_o = \frac{b^2 * k_C^2 * P * k_2}{6 * 10^5 * \sigma_{dto}} = \frac{1340^2 * 0,89^2 * 26,99 * 0,454}{6 * 10^5 * 197,5} = 0,147 \text{ cm}^3/\text{cm}$$

$$SMi = \frac{b^2 * k_c^2 * P * k_2}{6 * 10^5 * \sigma_{dci}} = \frac{1340^2 * 0,89^2 * 26,99 * 0,454}{6 * 10^5 * 119} = 0,244 \text{ cm}^3/\text{cm}$$

$$I = \frac{b^3 * k_c^3 * P * k_3}{12 * 10^6 * k_1 * E_{io}} = \frac{1340^3 * 0,89^3 * 26,99 * 0,024}{12 * 10^6 * 0,017 * 40000} = 0,135 \text{ cm}^4/\text{cm}$$

Paneles Cubierta

$$SMo = \frac{b^2 * k_c^2 * P * k_2}{6 * 10^5 * \sigma_{dto}} = \frac{800^2 * 1^2 * 12,14 * 0,5}{6 * 10^5 * 197,5} = 0,033 \text{ cm}^3/\text{cm}$$

$$SMi = \frac{b^2 * k_c^2 * P * k_2}{6 * 10^5 * \sigma_{dci}} = \frac{800^2 * 1^2 * 12,14 * 0,5}{6 * 10^5 * 119} = 0,054 \text{ cm}^3/\text{cm}$$

$$I = \frac{b^3 * k_c^3 * P * k_3}{12 * 10^6 * k_1 * E_{io}} = \frac{800^3 * 1^3 * 12,14 * 0,028}{12 * 10^6 * 0,017 * 40000} = 0,021 \text{ cm}^4/\text{cm}$$

RESULTADOS

	$SMo(\text{cm}^3/\text{cm})$	$SMi(\text{cm}^3/\text{cm})$	$I(\text{cm}^4/\text{cm})$
FONDO	0,028	0,047	$7,42 \cdot 10^{-3}$
COSTADO	0,147	0,244	0,135
CUBIERTA	0,033	0,054	0,021

4.2.3 Espesor requerido para soportar esfuerzo cortante

Con el fin de transmitir el esfuerzo cortante, el espesor efectivo del laminado tipo sandwich [ts] no debe ser inferior al valor dado por la siguiente ecuación:

$$t_s \geq \sqrt{k_C} \frac{k_{SHC} \times P \times b}{1000 \times \tau_d} \text{ mm}$$

Donde:

τ_d es la tensión de cizalla de diseño del núcleo de PVC, en N/mm².

$$\tau_d = 0,65 * \tau_u = 0,65 * 1,07 = 0,696 \text{ N/mm}^2$$

k_{SHC} es el factor de alargamiento de tensión de cizalla, y acudimos a una tabla de la norma para su cálculo

l/b	> 4,0	3,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
k_{SHC}^a	0,500	0,493	0,463	0,459	0,453	0,445	0,435	0,424	0,410	0,395	0,378	0,360	0,339

$$\tau_d = 0,65 * \tau_u = 0,65 * 1,07 = 0,696 \text{ N/mm}^2$$

Para Fondo

$$\text{alargamiento panel} = \frac{1300}{320} = 4,06$$

$$\mathbf{k_{SHC} = 0,5}$$

Para Costado

$$\text{alargamiento panel} = \frac{l}{b} = \frac{2000}{1340} = 1,5$$

$$\mathbf{k_{SHC} = 0,424}$$

Para Cubierta

$$\text{alargamiento panel} = \frac{l}{b} = \frac{2000}{800} = 2,5$$

$$\mathbf{k_{SHC} = 0,478}$$

Una vez obtenidos todos los parámetros que nos faltaban, usando la fórmula del principio del apartado obtendremos el espesor mínimo

Para Fondo

$$t_s = \sqrt{k_c} \frac{k_{SHC} * P * b}{1000 * \tau_d} = \sqrt{1} \frac{0,5 * 62,06 * 320}{1000 * 0,696}$$

$$\mathbf{t_s = 14,26 \text{ mm}}$$

Para Costado

$$t_s = \sqrt{k_c} \frac{k_{SHC} * P * b}{1000 * \tau_d} = \sqrt{0,89} \frac{0,424 * 25,37 * 1340}{1000 * 0,696}$$

$$\mathbf{t_s = 19,53 \text{ mm}}$$

Para Cubierta

$$t_s = \sqrt{k_c \frac{k_{SHC} * P * b}{1000 * \tau_d}} = \sqrt{1 \frac{0,478 * 13,04 * 800}{1000 * 0,696}}$$

$t_s = 7,16 \text{ mm}$

4.3 Paneles de mayor área

Presentamos los paneles de mayores dimensiones por zona:

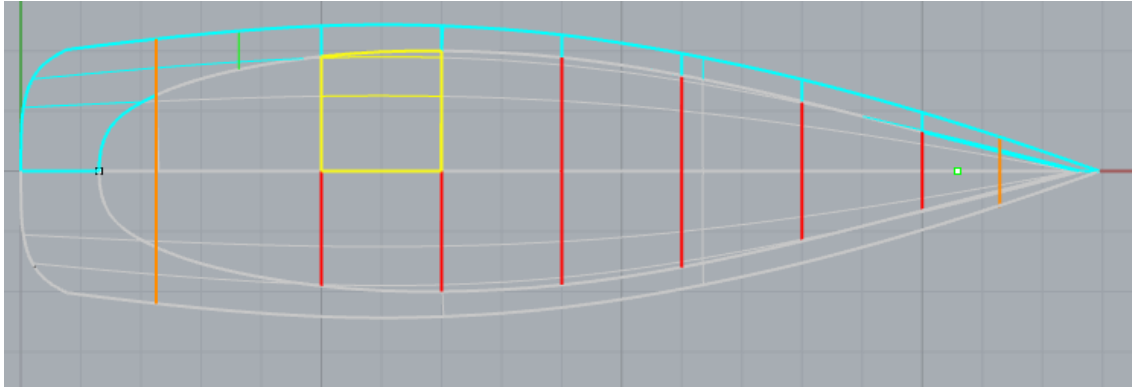


Figura 17 El panel fondo 2 es el que tiene más área

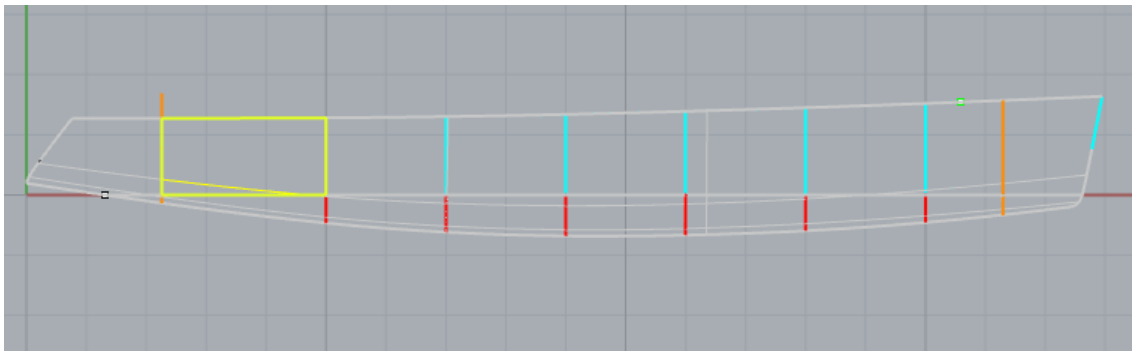


Figura 18 El panel costado 1 es el mayor de la zona

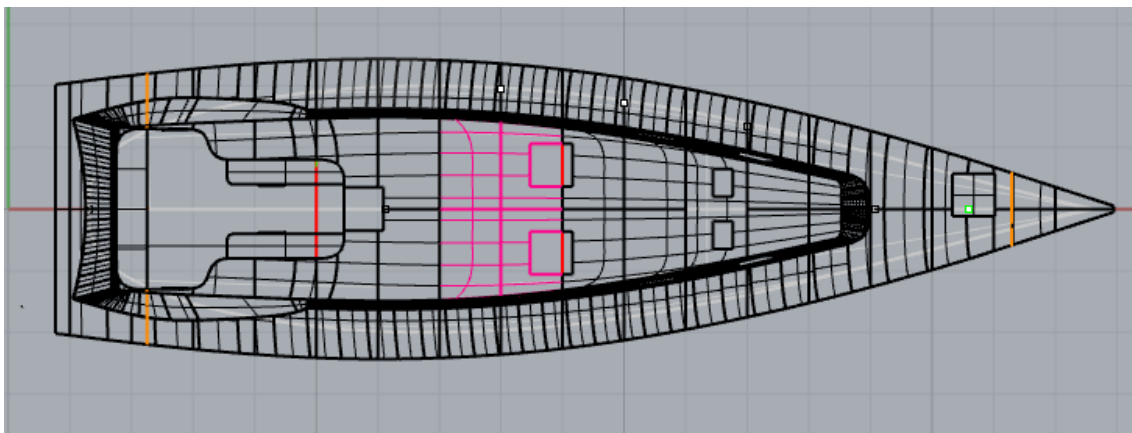


Figura 19 El panel cubierta 3 es el de más dimensiones.

4.3.1 Factor de deformación por flexión [k_1]

El factor de deformación por flexión k_1 se utiliza solamente para los estratificados de FRP tipo sándwich.

$$k_1 = 0,017$$

4.3.2 Factor de alargamiento del panel por resistencia a la flexión [k_2] y por rigidez a la flexión [k_3]

Los factores de alargamiento del panel por resistencia a la flexión k_2 y por rigidez a la flexión k_3 figuran en la siguiente tabla, dependen del alargamiento del panel (l/b):

Alargamiento del panel l/b	Factor k_2 k_2 debe tomarse = 0,5 para un costado de madera laminada	Factor k_3
> 2,0	0,500	0,028
2,0	0,497	0,028
1,9	0,493	0,027
1,8	0,487	0,027
1,7	0,479	0,026
1,6	0,468	0,025
1,5	0,454	0,024
1,4	0,436	0,023
1,3	0,412	0,021
1,2	0,383	0,019
1,1	0,349	0,016
1,0	0,308	0,014

Para Fondo

$$\text{alargamiento panel} = \frac{l}{b} = \frac{2000}{1910} = 1,05$$

$$k_2 = 0,328 \text{ y } k_3 = 0,015$$

Para Costado

$$\text{alargamiento panel} = \frac{l}{b} = \frac{2730}{1280} = 2,13$$

$$k_2 = 0,5 \text{ y } k_3 = 0,028$$

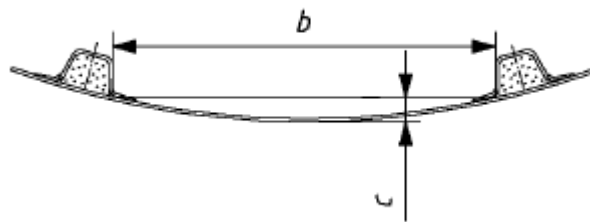
Para Cubierta

$$\text{alargamiento panel} = \frac{l}{b} = \frac{2900}{2000} = 1,45$$

$$\mathbf{k_2=0,445 \text{ y } k_3=0,023}$$

4.3.3 Factor de corrección de la curvatura de los paneles [k_c]

El factor de corrección de la curvatura k_c se da en la siguiente tabla, donde c es el abombamiento (curvatura) del panel, tal y como se define en la figura



c/b	k_c
0 a 0,03	1,0
0,03 a 0,18	$1,1 - \frac{3,33c}{b}$
> 0,18	0,5

Para Fondo

$$\frac{c}{b} = \frac{180}{1910} = 0,094 \rightarrow Kc = 1,1 - \frac{3,33 * 180}{1910} = 0,78$$

$$\mathbf{K_c=0,78}$$

Para Costado

$$\frac{c}{b} = \frac{220}{1280} = 0,17 \rightarrow Kc = 1,1 - \frac{3,33 * 220}{1280} = 0,52$$

$$\mathbf{K_c=0,52}$$

Para Cubierta

$$\frac{c}{b} = \frac{0}{2000} = 0 \text{ sin abombamiento}$$

$$K_C=1,0$$

4.3.4 Mínimos valores de módulo de inercia y segundo momento

El módulo de inercia mínimo requerido alrededor de la fibra neutra de una tira de un panel tipo sandwich no debe ser inferior a los valores dados en las siguientes ecuaciones.

Módulo mínimo de inercia requerido para la capa exterior de una tira de un panel tipo sandwich de 1 cm de anchura:

$$SM_o/1 \text{ cm anchura} = \frac{b^2 \times k_C^2 \times P \times k_2}{6 \times 10^5 \times \sigma_{dto}} \text{ capa exterior cm}^3/\text{cm}$$

Módulo mínimo de inercia requerido para la capa interior de una tira de un panel tipo sandwich de 1 cm de anchura:

$$SM_i/1 \text{ cm anchura} = \frac{b^2 \times k_C^2 \times P \times k_2}{6 \times 10^5 \times \sigma_{dci}} \text{ capa interior cm}^3/\text{cm}$$

Segundo momento mínimo (momento de inercia) requerido para una tira de un panel tipo sandwich de una anchura de 1 cm:

$$I/1 \text{ cm anchura} = \frac{b^3 \times k_C^3 \times P \times k_3}{12 \times 10^6 \times k_1 \times E_{io}} \text{ cm}^4/\text{cm}$$

Calculamos las tensiones de diseño definidas anteriormente con los valores que obtuvimos de las características del tipo de fibra.

$$\begin{aligned}\sigma_{dci} &= 0,5\sigma_{uc} = 0,5 * 244 = 122 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{dci} &= 0,3\sqrt{E_C * E_{CO} * G_C} = 0,3\sqrt{40000 * 65 * 24} = 119 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

cogemos la mas pequeña de las dos.

$$\sigma_{dci} = 119 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{dto} = 0,5 * \sigma_{ut} = 0,5 * 395 = 197,5 \text{ N/mm}^2$$

Paneles Fondo

$$SMo = \frac{b^2 * k_c^2 * P * k_2}{6 * 10^5 * \sigma_{dto}} = \frac{1910^2 * 0,78^2 * 32,02 * 0,328}{6 * 10^5 * 197,5} = 0,197 \text{ cm}^3/\text{cm}$$

$$SMi = \frac{b^2 * k_c^2 * P * k_2}{6 * 10^5 * \sigma_{dci}} = \frac{1910^2 * 0,78^2 * 32,02 * 0,328}{6 * 10^5 * 119} = 0,32 \text{ cm}^3/\text{cm}$$

$$I = \frac{b^3 * k_c^3 * P * k_3}{12 * 10^6 * k_1 * E_{io}} = \frac{1910^3 * 0,78^3 * 32,02 * 0,015}{12 * 10^6 * 0,017 * 40000} = 0,194 \text{ cm}^4/\text{cm}$$

Paneles Costado

$$SMo = \frac{b^2 * k_c^2 * P * k_2}{6 * 10^5 * \sigma_{dto}} = \frac{1280^2 * 0,52^2 * 22,84 * 0,5}{6 * 10^5 * 197,5} = 0,043 \text{ cm}^3/\text{cm}$$

$$SMi = \frac{b^2 * k_c^2 * P * k_2}{6 * 10^5 * \sigma_{dci}} = \frac{1280^2 * 0,52^2 * 22,84 * 0,5}{6 * 10^5 * 119} = 0,071 \text{ cm}^3/\text{cm}$$

$$I = \frac{b^3 * k_c^3 * P * k_3}{12 * 10^6 * k_1 * E_{io}} = \frac{1280^3 * 0,52^3 * 22,84 * 0,028}{12 * 10^6 * 0,017 * 40000} = 0,023 \text{ cm}^4/\text{cm}$$

Paneles Cubierta

$$SMo = \frac{b^2 * k_c^2 * P * k_2}{6 * 10^5 * \sigma_{dto}} = \frac{2000^2 * 1^2 * 5,29 * 0,445}{6 * 10^5 * 197,5} = 0,079 \text{ cm}^3/\text{cm}$$

$$SMi = \frac{b^2 * k_c^2 * P * k_2}{6 * 10^5 * \sigma_{dci}} = \frac{2000^2 * 1^2 * 5,29 * 0,445}{6 * 10^5 * 119} = 0,132 \text{ cm}^3/\text{cm}$$

$$I = \frac{b^3 * k_c^3 * P * k_3}{12 * 10^6 * k_1 * E_{io}} = \frac{2000^3 * 1^3 * 5,29 * 0,023}{12 * 10^6 * 0,017 * 40000} = 0,12 \text{ cm}^4/\text{cm}$$

RESULTADOS

	$SMo(\text{cm}^3/\text{cm})$	$SMi(\text{cm}^3/\text{cm})$	$I(\text{cm}^4/\text{cm})$
FONDO	0,197	0,32	0,194
COSTADO	0,043	0,071	0,023
CUBIERTA	0,079	0,132	0,12

4.3.5 Espesor requerido para soportar esfuerzo cortante

Con el fin de transmitir el esfuerzo cortante, el espesor efectivo del laminado tipo sandwich [ts] no debe ser inferior al valor dado por la siguiente ecuación:

$$t_s \geq \sqrt{k_C} \frac{k_{SHC} \times P \times b}{1000 \times \tau_d} \text{ mm}$$

Donde:

τ_d es la tensión de cizalla de diseño del núcleo de PVC, en N/mm².

$$\tau_d = 0,65 * \tau_u = 0,65 * 1,07 = 0,696 \text{ N/mm}^2$$

k_{SHC} es el factor de alargamiento de tensión de cizalla, y acudimos a una tabla de la norma para su cálculo

l/b	> 4,0	3,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
k_{SHC}^a	0,500	0,493	0,463	0,459	0,453	0,445	0,435	0,424	0,410	0,395	0,378	0,360	0,339

$$\tau_d = 0,65 * \tau_u = 0,65 * 1,07 = 0,696 \text{ N/mm}^2$$

Para Fondo

$$\text{alargamiento panel} = \frac{2000}{1910} = 1,05$$

$$k_{SHC} = 0,350$$

Para Costado

$$\text{alargamiento panel} = \frac{l}{b} = \frac{2730}{1280} = 2,13$$

$$k_{SHC} = 0,467$$

Para Cubierta

$$\text{alargamiento panel} = \frac{l}{b} = \frac{2900}{2000} = 1,45$$

$$k_{SHC} = 0,417$$

Una vez obtenidos todos los parámetros que nos faltaban, usando la fórmula del principio del apartado obtendremos el espesor mínimo

Para Fondo

$$t_s = \sqrt{k_c} \frac{k_{SHC} * P * b}{1000 * \tau_d} = \sqrt{0,78} \frac{0,35 * 32,02 * 1910}{1000 * 0,696}$$

$t_s = 27,16 \text{ mm}$

Para Costado

$$t_s = \sqrt{k_c} \frac{k_{SHC} * P * b}{1000 * \tau_d} = \sqrt{0,52} \frac{0,467 * 22,84 * 1280}{1000 * 0,696}$$

$t_s = 14,14 \text{ mm}$

Para Cubierta

$$t_s = \sqrt{k_c} \frac{k_{SHC} * P * b}{1000 * \tau_d} = \sqrt{1} \frac{0,417 * 5,29 * 2000}{1000 * 0,696}$$

$t_s = 6,34 \text{ mm}$

4.4 Conclusión previa

	Panel más presión	Panel más área
ts fondo	14,26	27,16
ts costado	19,53	14,14
ts cubierta	7,16	6,34

Tenemos ya los espesores mínimos para soportar el cortante de ambos caminos de cálculo: el de los paneles que soportan mayor presión, y el de los de mayor dimensión de cada zona.

Escantillonaremos pensando en cumplir los valores más restrictivos, es decir cumpliendo los mínimos requeridos con el valor más alto

4.5 Ecuaciones generales para Sandwich

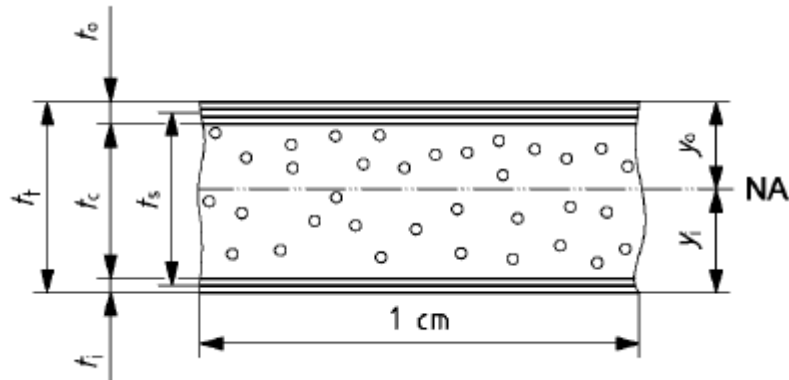


Figura 20. Espesores sándwich

Espesor total del sándwich $[t_t]$:

$$t_t = t_c + t_o + t_i \text{ mm}$$

Distancia entre los puntos medios (centros de gravedad) de las capas:

$$t_s = t_c + \frac{(t_o + t_i)}{2} \text{ mm}$$

Distancia del punto de la capa exterior más alejado del centro de gravedad:

$$y_o = \frac{t_i \times t_s}{t_i + t_o} + \frac{t_o}{2} \text{ mm}$$

Distancia del punto de la capa interior más alejado del centro de gravedad:

$$y_i = \frac{t_o \times t_s}{t_i + t_o} + \frac{t_i}{2} \text{ mm}$$

Segundo momento de área por centímetro de anchura:

$$I = \left(\frac{t_o \times t_i \times t_s^2}{t_o + t_i} + \frac{t_o^3 + t_i^3}{12} \right) 10^{-3} \text{ cm}^4/\text{cm}$$

Módulo de inercia de la capa exterior por centímetro de anchura:

$$SM_o = \frac{10 \times I}{y_o} \text{ cm}^3/\text{cm}$$

Módulo de inercia de la capa interior por centímetro de anchura:

$$SM_i = \frac{10 \times I}{y_i} \text{ cm}^3/\text{cm}$$

Con estas ecuaciones vamos variando los espesores de interior y exterior de fibra y de sándwich hasta que encontremos una configuración que cumpla con todos los valores mínimos calculados anteriormente. Como la el espesor de nuestras láminas es conocido, intentaremos buscar múltiplos de las mismas.

La configuración final es la siguiente:

PARA FONDO

to (mm)	4,8
tc (mm)	25
ti (mm)	3,6

	Min (Presión)	Min (Área)	RESULTADOS	cumple
S _{Mo} (cm ³ /cm)	0,028	0,197	1,186	OK
S _{Mi} (cm ³ /cm)	0,047	0,32	0,96	OK
I (cm ⁴ /cm)	$7,42 \cdot 10^{-3}$	0,194	1,767	OK
t _s (mm)	14,26	27,16	29,2	OK

El espesor total del sándwich será $t_t = 33,4$ mm

Como podemos comprobar cumplimos con lo anteriormente calculado con un margen bastante amplio, pero ya que el estudio se está realizando sin tener en cuenta los apéndices, este margen estará perfecto para las zonas de situación de los mismos y ya que en la zona de fondo mantenemos el espesor podremos decir que es un cálculo correcto.

PARA COSTADO

to (mm)	3
tc (mm)	17
ti (mm)	3

	Min (Presión)	Min (Área)	RESULTADOS	cumple
S _{Mo} (cm ³ /cm)	0,147	0,043	0,52	OK
S _{Mi} (cm ³ /cm)	0,244	0,071	0,52	OK
I (cm ⁴ /cm)	0,135	0,023	0,604	OK
t _s (mm)	19,53	14,14	20	OK

El espesor total del sándwich será $t_t=23$ mm

PARA CUBIERTA

t _o (mm)	3,6
t _c (mm)	5
t _i (mm)	3,6

	Min (Presión)	Min (Área)	RESULTADOS	cumple
S _{Mo} (cm ³ /cm)	0,033	0,079	0,22	OK
S _{Mi} (cm ³ /cm)	0,054	0,132	0,22	OK
I (cm ⁴ /cm)	0,021	0,12	0,135	OK
t _s (mm)	7,16	6,34	8,6	OK

El espesor total del sándwich será $t_t=12,2$ mm

Con respecto a la cubierta también hay que tener en cuenta que es una zona de trabajo en la que van a subirse personas y equipos, por lo que conviene darle un escantillón algo superior al mínimo establecido.

5 Escantillonado de Refuerzos

Como ya hemos hecho anteriormente con los paneles, para el cálculo de escantillón de los refuerzos cogeremos los que están sometidos a mayor presión de diseño en cada

zona, como muchos están sometidos a la misma presión usaremos los que se encuentren en la sección maestra.

Calculamos unas factores previos de ajuste.

5.1 Factor de ajuste por curvatura de los refuerzos [k_{CS}]

El factor de ajuste de curvatura k_{CS} se debe tomar de la siguiente tabla:

$\frac{c_u}{l_u}$	k_{CS}
0 a 0,03	1
0,03 a 0,18	$1,1 - 3,33 (c_u/l_u)$
> 0,18	0,5

Donde:

c_u es el abombamiento (flecha) del refuerzo curvado, en milímetros

l_u es la luz entre refuerzos, previamente calculada para las presiones, en milímetros

Para el cálculo del mismo, programaremos una tabla en Excel con el cálculo de este factor para todos los refuerzos

5.2 Factor de superficie de cizalla de un refuerzo [K_{SA}]

El factor de superficie de cizalla de un refuerzo k_{SA} debe tomarse de la siguiente tabla

Disposición del refuerzo	k_{SA}
Unido al costado	5
Otras disposiciones (flotante)	7,5

Todos los refuerzos de análisis se encuentran unidos al costado, por lo tanto:

$$k_{SA}=5$$

5.3 Tensión de diseño de los refuerzos

Tensión de diseño por tracción [σ_d]:

$$\sigma_d = 0,5 * \sigma_{ut} = 0,5 * 395 = 197,5 \text{ N/mm}^2$$

Tensión de diseño a la cizalla [τ_d]:

$$\tau_d = 0,65 * \tau_u = 0,5 * 51 = 25,5 \text{ N/mm}^2$$

5.4 Mínimos valores de superficie de cizalla, módulo de inercia y segundo momento

La superficie del alma A_W , el módulo de inercia mínimo SM del refuerzo, y el segundo momento de área I , incluyendo la chapa del costado asociada efectiva, no deben ser inferiores a los valores que se dan en las siguientes ecuaciones:

$$A_W = \frac{k_{SA} \times P \times s \times l_u}{\tau_d} 10^{-6} \text{ cm}^2$$

$$SM = \frac{83,33 \times k_{CS} \times P \times s \times l_u^2}{\sigma_d} 10^{-9} \text{ cm}^3$$

$$I = \frac{26 \times k_{CS}^{1,5} \times P \times s \times l_u^3}{k_{1S} \times E_{tc}} 10^{-11} \text{ cm}^4$$

donde:

k_{1S} es el factor de deflexión (flecha) para los refuerzos

$$k_{1S}=0,05$$

Para Fondo

FONDO	s	cu	lu	kcs	P	Aw	SM	I
-------	---	----	----	-----	---	----	----	---

ref1	2370	0	820	1,00	32,02	12,20	21,53	5,44
ref2	2000	0	800	1,00	32,02	10,05	17,29	4,26
ref3	2000	0	700	1,00	32,02	8,79	13,24	2,86
ref4	2000	0	550	1,00	32,02	6,91	8,17	1,39
ref5	2000	10	340	1,00	37,81	5,04	3,69	0,39
ref6	2000	15	500	1,00	32,52	6,38	6,86	1,06

Para Costado

COSTADO	s	cu	lu	kcs	P	Aw	SM	I
cuad1	2370	510	1400	0,50	22,84	14,86	22,38	6,83
cuad2	2000	350	1200	0,50	25,08	11,80	15,24	3,98
cuad2	2000	10	520	1,00	22,84	4,66	5,21	0,83
cuad3	2000	380	1300	0,50	26,91	13,72	19,19	5,43
cuad3	2000	10	550	1,00	23,04	4,97	5,88	1,00
cuad4	2000	360	1300	0,50	29,98	15,28	21,38	6,05
cuad4	2000	10	550	1,00	24,80	5,35	6,33	1,07
cuad5	2000	370	1800	0,50	22,84	16,12	31,22	12,24
cuad6	2000	380	1370	0,50	22,84	12,27	18,08	5,40

Para Cubierta

CUBIERTA	s	cu	lu	kcs(tabla)	P	Aw	SM	I
bao1a	2370	0	920	1,00	5,00	2,14	4,23	1,20
bao1b	2370	120	1490	0,83	5,00	3,46	9,21	3,85
bao2a	2000	0	900	1,00	6,04	2,13	4,13	1,14
bao2b	2000	460	1500	0,50	5,00	2,94	4,75	1,55
bao3a	2000	0	920	1,00	6,74	2,43	4,81	1,36
bao3b	2000	420	1340	0,50	5,61	2,95	4,25	1,24
bao4a	2000	0	900	1,00	7,59	2,68	5,19	1,44
bao4b	2000	300	1050	0,50	6,98	2,88	3,25	0,74
bao5a	2000	0	870	1,00	7,76	2,65	4,96	1,33
bao5b	2000	200	720	0,50	8,51	2,40	1,86	0,29
bao6	2000	0	1600	1,00	6,28	3,94	13,57	6,69

Teniendo los mínimos en cada refuerzo, escantillonaremos los mismos de manera que cumpla con los valores mas altos requeridos para cada zona (marcados en rojo en las tablas anteriores).

Los refuerzos utilizados serán del tipo sombrero de copa, usaremos sombrero de copa cuadrado para los refuerzos de cubierta; y sombrero de copa alto para los refuerzos de fondo y costado.

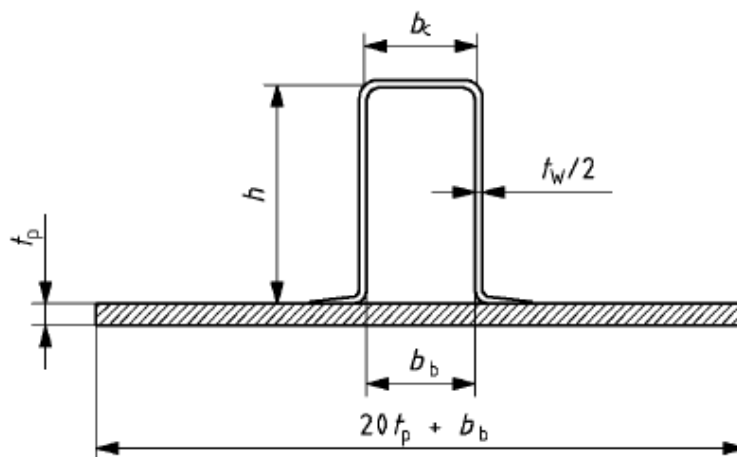
En la ISO 12215-5 se incluyen estos dos tipos de sombreros tabulados con los resultados de A_w , SM e I en función de la geometría del sombrero y de su chapa asociada.

Nota: Si nos fijamos la dimensión de refuerzo está diferenciado de dos partes uno por encima y el otro por debajo de la flotación. Hay que considerar todo el refuerzo como de fondo. Desde el punto de vista constructivo, sería carísimo construir un refuerzo diferente sólo para ese trozo. En la práctica, es muy normal poner las cuadernas de costado igual a las de fondo porque lo que te puedes ahorrar en peso de material te lo gastas con creces en mano de obra.

Por lo tanto, tomaremos los refuerzos transversales de fondo y costados iguales, y en cubierta será la excepción.

PARA FONDO y COSTADO

Los sombreros de copa altos tienen una anchura en la parte superior de sus formas (ala) igual a la anchura de la base y una altura h comprendida entre dos y tres veces b_c . El espesor del refuerzo es $t_w/2 = 1,42 \cdot w$ para $\psi = 0,49$.



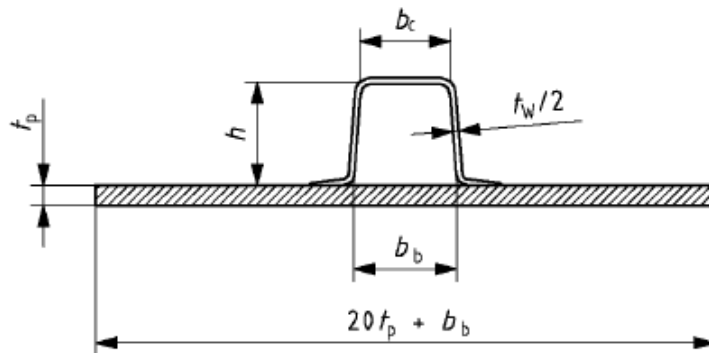
DIMENSIONES

h (mm)	bb (mm)	bc (mm)	tp (mm)	20*tp+bb (mm)	w (kg/m ²)	SM (cm ³)	AW (cm ²)	I (cm ⁴)
150	50	50	5	150	1,26	103,6	18,9	960
			10	250	1,26	126,2	18,9	1496
			15	350	1,26	139,1	18,9	1893

	MINIMOS	RESULTADOS	cumple
SM (cm ³)	31,22	139,1	OK
AW (cm ²)	16,12	18,9	OK
I (cm ⁴)	12,24	1893	OK

$$tW/2 = 1,42 * w = 1,42 * 1,26 = 1,79 \text{ mm}$$

PARA CUBIERTA



DIMENSIONES								
h (mm)	bb (mm)	bc (mm)	tp (mm)	20*tp+bb (mm)	w (kg/m ²)	SM (cm ³)	AW (cm ²)	I (cm ⁴)
100	100	85	5	200	0,84	56,2	8,4	391
			10	300	0,84	63,7	8,4	567
			15	400	0,84	68,6	8,4	683

	MINIMOS	RESULTADOS	cumple
SM (cm ³)	13,57	63,7	OK
AW (cm ²)	3,94	8,4	OK

I (cm4)	6,69	567	OK
---------	------	-----	----

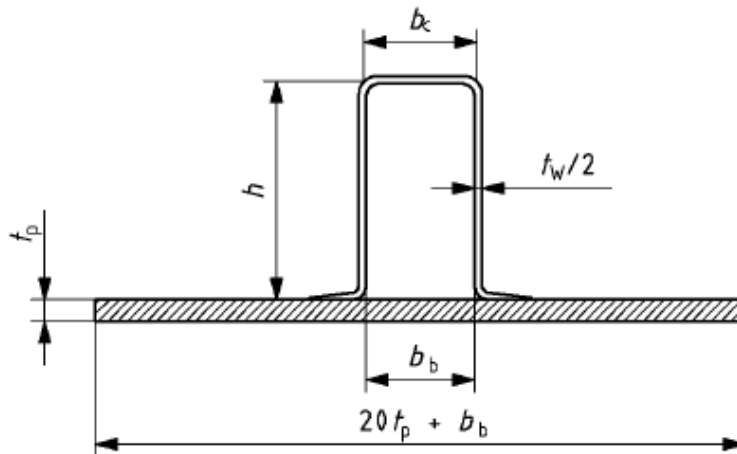
$$tW/2 = 1,42 * w = 1,42 * 0,84 = 1,2 \text{ mm}$$

5.5 Refuerzos locales

Podremos hacer un cálculo para los refuerzos locales de fondo.

5.5.1 Refuerzo Local de Fondo

Nota: es un cálculo local ya que existe otra estructura longitudinal que es la que proporciona el sándwich, para no tener el refuerzo apoyado en el transversal directamente se le reducirá la sección, para que sea pasante



DIMENSIONES								
h (mm)	bb (mm)	bc (mm)	tp (mm)	20*tp+bb (mm)	w (kg/m2)	SM (cm3)	AW (cm2)	I (cm4)
125	50	50	5	150	1,26	64,7	12,3	532
			10	250	1,26	77,1	12,3	816
			15	350	1,26	84,1	12,3	1006

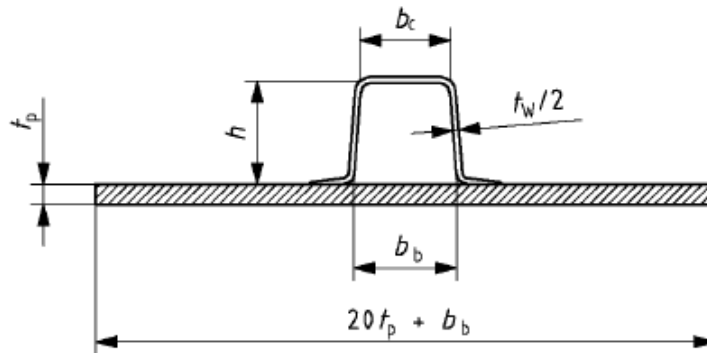
Podremos hacer un cálculo para los refuerzos locales de fondo.

5.5.2 Refuerzo local de Costado

$$A_w = \frac{k_{SA} * s * P * l_U}{\tau_d} * 10^{-6} = \frac{5 * 2000 * 22,84 * 1150}{25,5} * 10^{-6} = 10,3 \text{ cm}^2$$

$$SM = \frac{83,33 * k_{CS} * s * P * l_U^2}{\sigma_d} * 10^{-9} = \frac{83,33 * 0,93 * 2000 * 22,84 * 1150^2}{197,5} * 10^{-9} \\ = 23,70 \text{ cm}^3$$

$$I = \frac{26 * k_{CS}^{1,5} * s * P * l_U^3}{k_{1S} * E_{tc}} * 10^{-11} = \frac{26 * 0,93^{1,5} * 2000 * 22,84 * 1150^3}{0,05 * 40000} * 10^{-11} \\ = 8,1 \text{ cm}^4$$



DIMENSIONES								
h (mm)	bb (mm)	bc (mm)	tp (mm)	20*tp+bb (mm)	w (kg/m2)	SM (cm3)	AW (cm2)	I (cm4)
125	125	105	5	225	0,84	98,3	12,3	798
			10	325	0,84	111,7	12,3	1169
			15	425	0,84	119,6	12,3	1414

6 Bibliografía

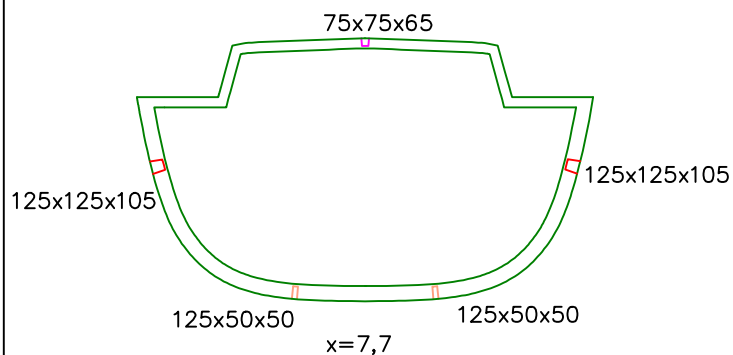
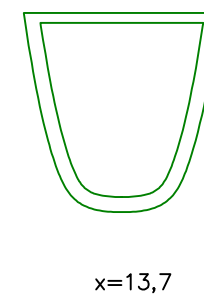
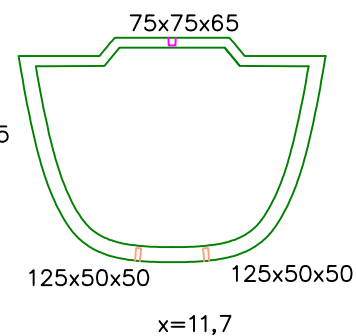
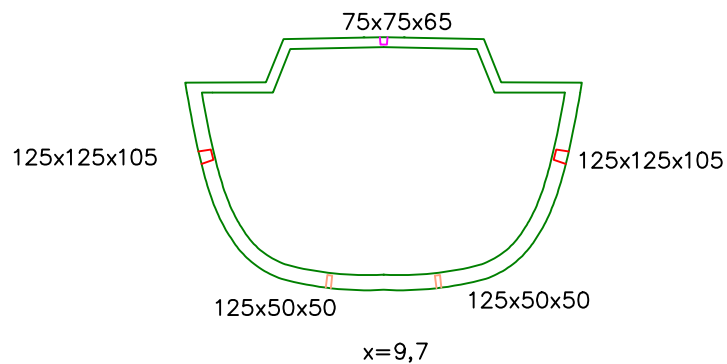
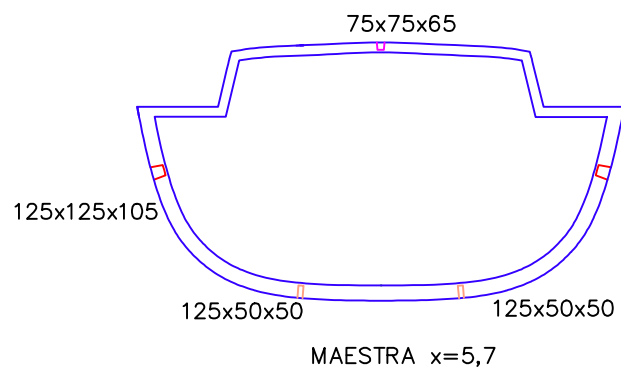
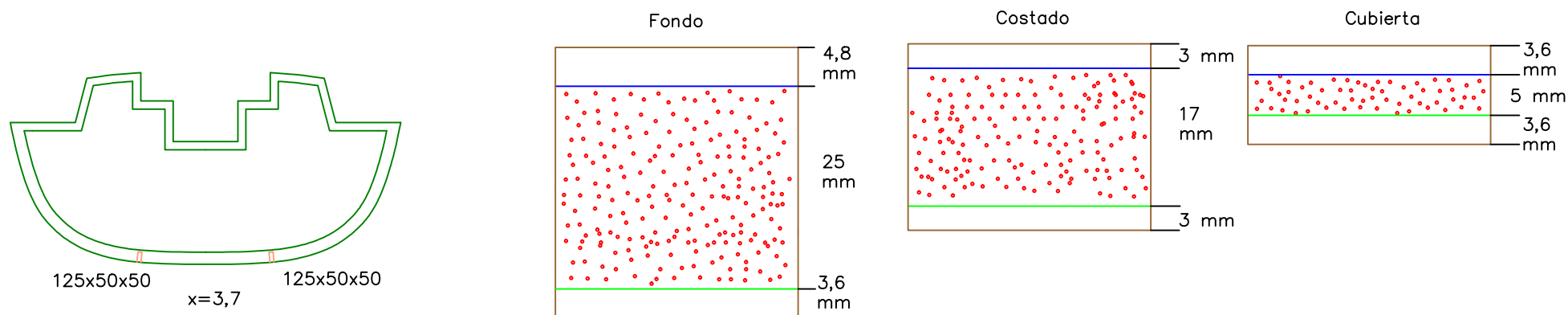
UNE ISO-EN 12215. Construcción de cascos y escantillones. Parte 5: Determinación de presiones de diseño, tensiones de diseño y escantillón

- "Principles of Yacht Design" , Lars Larsson y Rolf E Eliasson.
- "Architecture du Voilier" (tomo II) , Pierre Gutelle.
- "Cálculo de estructuras de buques" , Ricardo Martín Domínguez. ETSIN.
- "Offshore", John H. Illingworth.
- "Technical Yacht Design", Andrew G. Hammitt.
- "Las Velas", Bertrand Chéret.
- "The Complete Rigger's Apprentice", Brion Toss.

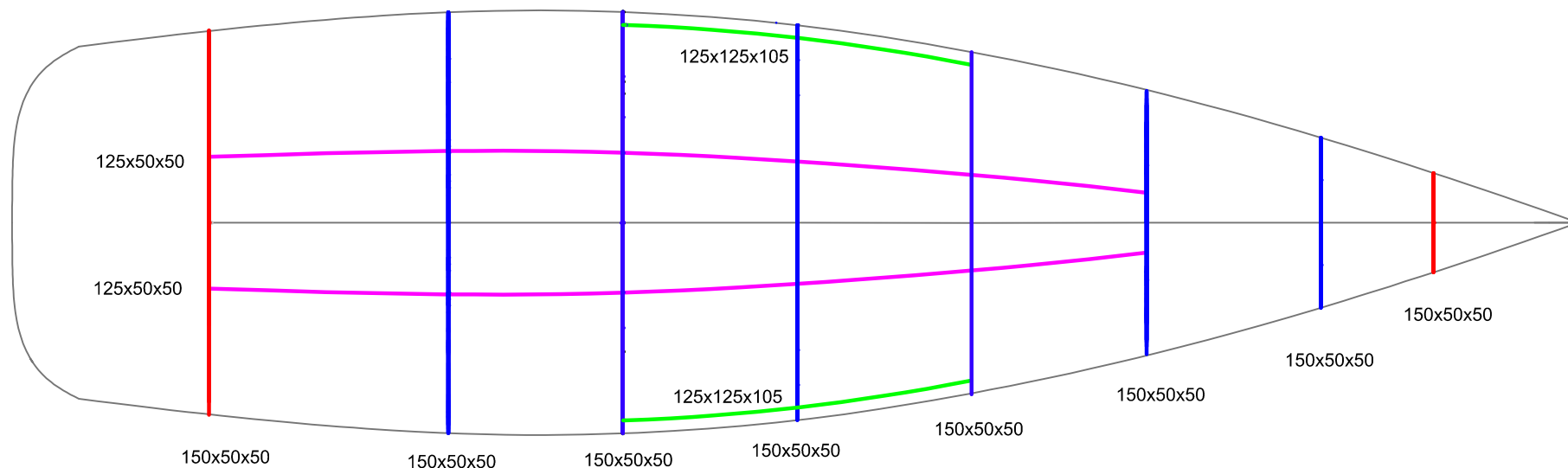
ANEXO I

Se presentan los planos de la estructura calculada en el cuaderno

Estructura sandwich



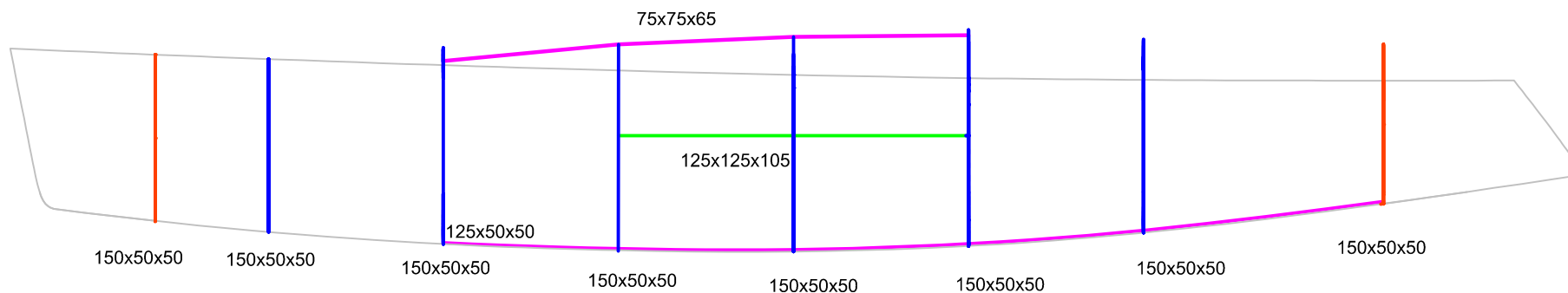
Escola Politécnica Superior UNIVERSIDADE DA CORUÑA		Proyecto N°: 14-106	
Proyecto: VELERO OCEÁNICO DE 60 PIÉS DE ESLORA			Fecha: SEP 2014
Título del Plano: Estructura Cuadernas		Plano N°: 01	ESCALA 1:75
Autor: PABLO ENRIQUE GONZÁLEZ SÁNCHEZ			Firma:



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

L.....18 m
 Lwl.....16,31 m
 B.....4,89 m
 D.....4,17 m
 T.....2,826 m
 SA.....202m²

Escola Politécnica Superior UNIVERSIDADE DA CORUÑA		Proyecto N°: 14-106	
Proyecto: VELERO OCEÁNICO DE 60 PIÉS DE ESLORA			Fecha: SEP 2014
Título del Plano: Estructura Fondo		Plano N°: 02	ESCALA 1:75
Autor: PABLO ENRIQUE GONZÁLEZ SÁNCHEZ			Firma:



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

L.....18 m
Lwl.....16,31 m
B.....4,89 m
D.....4,17 m
T.....2,826 m
SA.....202m₂

Escola Politécnica Superior UNIVERSIDADE DA CORUÑA		Proyecto N°: 14-106
Proyecto: VELERO OCEÁNICO DE 60 PIES DE ESLORA		Fecha: SEP 2014
Título del Plano: Estructura Costado	Plano N°: 03	ESCALA 1:75
Autor: PABLO ENRIQUE GONZÁLEZ SÁNCHEZ		Firma:

2014

Cuaderno 9

Francobordo y Arqueo

VELERO TIPO OCEÁNICO 60 PIES DE ESLORA



GRADO EN ARQUITECTURA NAVAL

Autor: **PABLO ENRIQUE GONZÁLEZ SÁNCHEZ**

Tutor: **MARCOS MÍGUEZ GONZÁLEZ**



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

PROYECTO FIN DE GRADO EN ARQUITECTURA NAVAL

CURSO 2.012-2013

PROYECTO NÚMERO 14-106

TIPO DE BUQUE: Velero tipo oceánico de 60 pies de eslora

MATERIAL DEL CASCO: Materiales compuestos

CLASIFICACIÓN , COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: Bureau Veritas, Solas, Reglamentación ISO-UNE.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Las específicas para este buque

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA : 10 nudos al 90% MCR. 350 millas.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA : Las habituales en este tipo de buques.

PROPULSIÓN : Vela + 1 motor diesel.

TRIPULACIÓN Y PASAJE : 8 tripulantes/pasajeros

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES : Un mástil y demás elementos para la navegación en este tipo de buque

Ferrol, Febrero de 2.013

ALUMNO : D:/D^a Pablo Enrique González Sánchez

OBJETIVO:

A pesar de que esta embarcación no está obligada por el Convenio de Líneas de Carga a calcularse francobordo mínimo, el objetivo del siguiente cuaderno es el de realizar un ejercicio puramente académico.

En la práctica, el francobordo responderá más a una necesidad de habitabilidad en el interior, además de un margen de seguridad para la inundación con las escoras.

Se calculará además el arqueo que tampoco le corresponde.

Los datos de partida de la embarcación son:

Eslora Total.....	18,00m
Eslora Flotación.....	16,31m
Manga.....	4,89m
Puntal.....	4,17 (2,03 sin apéndices) m
Calado	2,826 (0,686 sin apéndices) m
Desplazamiento.....	19865 kg
Cb.....	0,416
Cp.....	0,545
Cm.....	0,801
Superficie Véllica.....	202m ²
Número de Tripulantes.....	8 (2 tripulantes y 6 pasajeros)
Categoría de Navegación.....	A (Oceánica)

1	CÁLCULO DE FRANCOBORDO.....	5
2	CÁLCULO DE ARQUEO DE LA EMBARCACIÓN:.....	20
2.1	ARQUEO BRUTO:	20
2.2	ARQUEO NETO:	20
3	BIBLIOGRAFÍA.....	22
	ANEXO I.....	

1 CÁLCULO DE FRANCOBORDO.

Se denomina Francobordo a la distancia medida verticalmente, en el centro del buque, desde el canto alto de la cubierta de Francobordo, hasta el canto alto de la Línea de Carga correspondiente.

El Francobordo se determina conforme al Convenio Internacional sobre líneas de carga de 1966 y su Protocolo de 1988.

La asignación del francobordo mínimo a cualquier buque se hace considerando los siguientes aspectos, cuya influencia es manifiesta de cara a que el buque presente una navegabilidad suficiente:

- a) Que el buque posea una estructura adecuada, con suficiente resistencia para soportar todos los viajes posibles.
- b) Que su estabilidad sea la adecuada para todos los servicios que deba prestar.
- c) Que posea un casco completamente estanco al agua desde la quilla hasta la Cubierta de francobordo, y estanco a las condiciones meteorológicas desde dicha cubierta hacia arriba.
- d) Que posea una cubierta de trabajo lo suficientemente alta respecto de la superficie del mar que permita moverse en ella, estando a la intemperie, con cualquier estado del mar.
- e) Que posea suficiente reserva de flotabilidad (Volumen sobre la línea de flotación) para que no se vea en peligro de sumergirse o irse a pique con mala mar.

Por tanto el Francobordo de un buque ser. tanto menor en la medida en que cumpla satisfactoriamente los anteriores requerimientos, por lo que podrá. embarcar mas cargamento y ser mas rentable a su armador (lo cual no es aplicable a este proyecto).

Regla 3. Definiciones

1) Eslora

- a) Se tomar. como eslora (L) el 96% de la eslora total medida en una flotación cuya distancia al canto alto de la quilla sea igual al 85% del puntal mínimo de trazado, o la eslora medida en esa flotación desde la cara proel de la roda hasta el eje de la mecha del timón, si esta segunda magnitud es mayor.

Regla 3.1. Eslora

Flotación al 85% = $0,85 * 2,022 = 1,72$ m

Eslora total para flotación 85% D = 17,26 m

96% de la Eslora total al 85%D = $0.96 * 17,26 = 16,57$ m

Eslora entre la roda y el eje de la mecha del timón = 14,82 m

$L_{fb} (L) = 16,57$ m

2) Perpendiculares.

Las perpendiculares de proa y de popa deberán tomarse en los extremos de proa y de popa de la eslora (L). La perpendicular de proa deber. Coincidir con la cara de proa de la roda en la flotación en que se mide la eslora.

3) Centro del buque.

El centro del buque ser. el punto medio de la eslora (L).

4) Manga.

A menos que se indique expresamente otra cosa, la manga (B) ser. La manga máxima del buque, medida en el centro del mismo hasta la línea de trazado de la cuaderna, en los buques de forro metálico, o hasta la superficie exterior del casco, en los buques con forro de otros materiales.

Regla 3.4. Manga

Manga = 4,89 m

5) Puntal de trazado

a) El puntal de trazado ser. la distancia vertical medida desde el canto alto de la quilla hasta el canto alto del bao de la cubierta de francobordo en el costado. En los barcos de madera y de construcción mixta esta distancia se medir. desde el canto inferior del alefriz. Cuando la forma de la parte inferior de la cuaderna maestra sea cóncava o cuando existan tracas de aparcadura de gran espesor, esta distancia se medir. desde el

punto en que la línea del plano del fondo, prolongada hacia el interior, corte el costado de la quilla.

b) En los buques que tengan trancaniles redondeados, el puntal de trazado se medirá hasta el punto de intersección de las líneas de trazado de la cubierta y del costado, prolongando las líneas como si el trancanil fuera de forma angular.

c) Cuando la cubierta de francobordo tenga un escalonamiento y la parte elevada de la cubierta pase por encima del punto en el que ha de determinarse el puntal de trazado, este se medirá hasta una superficie de referencia formada prolongando la parte más baja de la cubierta paralelamente a la parte más elevada.

Regla 3.5. Puntal de trazado

Puntal de trazado (D) = 2,022 m

(espesor cubierta = 8 mm)

6) Puntal de francobordo (D)

a) El puntal de francobordo (D) será el puntal de trazado en el centro del buque más el espesor de la cubierta de francobordo en el costado.

b) El puntal de francobordo (D) en un buque con trancanil redondeado de radio superior al 4% de la manga (B) o en el que la parte alta de los costados tenga una forma fuera de lo normal, será el puntal de francobordo correspondiente a un buque que tuviera una cuaderna maestra con costados verticales en la obra muerta y con la misma brusa del bao, y el área transversal de la parte superior igual a la correspondiente a la cuaderna maestra del buque real.

Regla 3.6. Puntal de Francobordo

Puntal de Fb = 2,022 + espesor de cubierta (8 mm) = 2,030 m

7) Coeficiente de bloque

a) El coeficiente de bloque (**C_b**) vendrá dado por la fórmula:

$$C_b = \frac{\nabla}{L \cdot B \cdot d_1} ;$$

donde:

∇ será el volumen del desplazamiento de trazado del buque, excluidos los apéndices, en un buque con forro metálico, y el volumen de desplazamiento de la superficie exterior del casco en los buques con forro de cualquier otro material, ambos tomados a un calado de trazado d_1 ; siendo

d_1 el 85% del puntal mínimo de trazado.

b) Para calcular el coeficiente de bloque de una nave multicasco, se utilizará la manga máxima (B) definida en el párrafo 5), y no la manga de un solo casco.

Regla 3.7. Coeficiente de bloque

$$Cb = \frac{\nabla}{L * B * d}$$

Donde:

	Draft Amidsh. m	1,720
1	Displacement tonne	77,84
2	Heel to Starboard degrees	0,0
3	Draft at FP m	1,720
4	Draft at AP m	1,720
5	Draft at LCF m	1,720
6	Trim (+ve by stern) m	0,000
7	16,57	4,89

∇ : volumen de la carena en la flotación al 85% del puntal sacado a partir de un cálculo de hidrostáticas en el programa Maxsurf para el calado requerido.

$$77,84/1,025 = 75,94 \text{ m}^3$$

B: manga máxima = 4,89 m

L: eslora de francobordo = 16,57 m

d: puntal al 85% = 1,72 m

$$Cb = \frac{75,94}{16,57 * 4,89 * 1,72} = 0,54$$

8) Francobordo

El francobordo asignado será la distancia medida verticalmente hacia abajo, en el centro del buque, desde el canto alto de la línea de cubierta hasta el canto alto de la línea de carga correspondiente.

9) Cubierta de francobordo

a) La cubierta de francobordo ser. normalmente la cubierta completa más alta expuesta a la intemperie y a la mar, dotada de medios permanentes de cierre en todas las aberturas en la parte expuesta de la misma, y bajo la cual todas las aberturas en los costados del buque están dotadas de medios permanentes de cierre estanco.

b) Cubierta inferior como cubierta de francobordo

A petición del armador y sujeto a la aprobación de la Administración, podrá. adoptarse como cubierta de francobordo una cubierta inferior, siempre que sea una cubierta completa y permanente, continua de proa a popa, al menos entre el espacio de la maquinaria y los mamparos de los raseles, y continua de banda a banda.

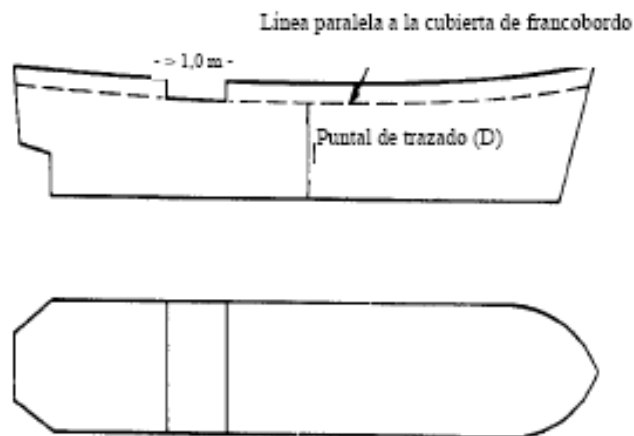
i) Cuando esta cubierta inferior sea escalonada, se tomar. Como cubierta de francobordo la línea más baja de la cubierta y la prolongación de esta línea, paralelamente a la parte más alta de dicha cubierta.

ii) Cuando se adopte como cubierta de francobordo una cubierta inferior, la parte del casco que se extienda por encima de la cubierta de francobordo se considerar. como una superestructura en lo que respecta a la aplicación de las condiciones de asignación y al cálculo del francobordo. El francobordo se calcular. desde esta cubierta.

iii) Cuando se designe como cubierta de francobordo una cubierta inferior, dicha cubierta constar. como mínimo de palmejares de construcción apropiada en los costados del buque y de palmejares transversales en cada mamparo estanco que se extienda hasta la cubierta superior, en el interior de los espacios de carga. Estos palmejares serán tan anchos como lo permita su correcta instalación, teniendo presentes la estructura y la explotación del buque. Los palmejares se dispondrán de modo que también se pueda cumplir la prescripción estructural.

c) Cubierta de francobordo discontinua, cubierta de francobordo escalonada.

- i) Si la cubierta de francobordo presenta un nicho que se extienda hasta el costado del buque y tenga una longitud de más de un metro, la línea más baja de la cubierta expuesta y la prolongación de esa línea paralelamente a la parte más elevada de la cubierta se tomará como cubierta de francobordo.
- ii) Si la cubierta de francobordo presenta un nicho que no se extiende hasta el costado del buque, la parte más elevada de la cubierta se tomar. como cubierta de francobordo.
- iii) Los nichos que no se extiendan de banda a banda de una cubierta inferior a la expuesta designada como la cubierta de francobordo podrán omitirse siempre que todas las aberturas de la cubierta expuesta a la intemperie dispongan de dispositivos de cierre estancos a la intemperie.
- iv) Se deber. prestar la debida atención al desagüe de los nichos expuestos y a los efectos de superficie libre sobre la estabilidad.
- v) Las disposiciones de los apartados i) a iv) no están destinadas a aplicarse a las dragas, gánguiles u otros tipos de buques análogos dotados de grandes bodegas sin tapas de escotilla, debiéndose examinar cada caso por separado.

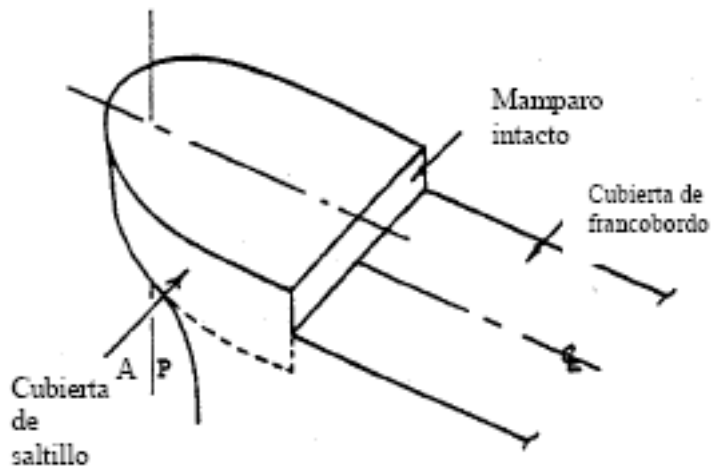


10) Superestructura

- a) Una superestructura ser. una construcción provista de techo y dispuesta encima de la cubierta de francobordo, que se extienda de banda a banda del buque o cuyo forro lateral no este. separado del forro del costado más de un 4% de la manga (B).
- b) Una superestructura cerrada ser. aquella:

- i) que tenga mamparos de cierre de construcción eficiente;
 - ii) cuyas aberturas de acceso, si existen en estos mamparos, están provistas de puertas que satisfagan las prescripciones de la regla 12;
 - iii) en la que todas las demás aberturas, en los costados o en los extremos de la superestructura, están dotadas de medios eficientes de cierre, estancos a la intemperie. Por otra parte, un puente o una toldilla no se consideraran superestructuras cerradas, a menos que estén dotados de acceso para que la tripulación, a partir de cualquier punto de la cubierta completa expuesta más alta, o desde un punto más alto, pueda llegar a la maquinaria y demás lugares de trabajo situados en el interior de estas superestructuras, por otros medios que puedan utilizarse en todo momento cuando estén cerradas las aberturas de los mamparos.
- c) La altura de una superestructura ser. la altura mínima vertical medida en el costado desde el canto alto de los baos de la cubierta de la superestructura hasta el canto alto de los baos de la cubierta de francobordo.
- d) La longitud de una superestructura (S) ser. la longitud media de la parte de superestructura situada dentro de la eslora (L).
- e) Puente. El puente ser. una superestructura que no se extienda hasta la perpendicular de proa, ni tampoco hasta la perpendicular de popa.
- f) Toldilla. La toldilla ser. una superestructura que se extienda en dirección a proa desde la perpendicular de popa hasta un punto situado a popa de la perpendicular de proa. La toldilla puede empezar un punto que se encuentre a popa de la perpendicular de popa.
- g) Castillo de proa. El castillo de proa ser. una superestructura que se extienda en dirección a popa desde la perpendicular de proa hasta un punto a proa de la perpendicular de popa. El castillo de proa podrá. comenzar en un punto que se encuentre a proa de la perpendicular de proa.
- h) Superestructura completa. Una superestructura completa será aquella que se extienda como mínimo desde la perpendicular de proa a la de popa.
- i) Cubierta de saltillo. La cubierta de saltillo ser. un superestructura que se extienda hacia proa desde la perpendicular de popa, que por lo general tenga una altura inferior a la de una superestructura normal y que disponga de un mamparo proel intacto (portillos fijos con ojos de buey eficientes y tapas de registro empernadas) Cuando el

mamparo proel no esté intacto por incluir puertas y aberturas de acceso, la superestructura se considerar. una toldilla.



11) Cubierta de superestructura.

Una cubierta de superestructura ser. aquella que forme el cerramiento superior de una superestructura.

12) Buque de cubierta corrida.

Un buque de cubierta corrida ser. el que no tenga superestructuras sobre la cubierta de francobordo.

13) Estanco a la intemperie.

Estanco a la intemperie significa que el agua no penetrar. en el buque sea cual sea el estado de la mar.

14) Estanco al agua.

Estanco al agua significa capaz de impedir el paso del agua a través de la estructura en ambos sentidos con el apropiado margen de resistencia a la presión debida a la máxima columna de agua que pueda tener que soportar.

15) Pozo.

Un pozo ser. cualquier zona de la cubierta expuesta a la intemperie en la que pueda acumularse agua. Se consideran pozos las zonas de cubierta rodeadas de estructuras de cubierta por dos o más lados.

Regla 27. Tipos de buques.

1) Para el cálculo del francobordo los buques se dividirán en dos tipos:
'A' y 'B'.

TABLA B

Tabla de francobordo para buques de tipo "B"

Eslora del buque (metros)	Francobordo (milímetros)	Eslora del buque (metros)	Francobordo (milímetros)	Eslora del buque (metros)	Francobordo (milímetros)
24	200	58	544	92	1116
25	208	59	559	93	1135
26	217	60	573	94	1154
27	225	61	587	95	1172
28	233	62	601	96	1190
29	242	63	615	97	1209
30	250	64	629	98	1219
31	258	65	644	99	1250
32	267	66	659	100	1271
33	275	67	674	101	1293
34	283	68	689	102	1315
35	292	69	705	103	1337
36	300	70	721	104	1359
37	308	71	738	105	1380
38	316	72	754	106	1401
39	325	73	769	107	1421
40	334	74	784	108	1440

Regla 28. Francobordo tabular.

Suponemos que la embarcación se trata de un buque de tipo B, con el francobordo mínimo correspondiente a 24m.

$$FB_{\text{tabular}} = 200\text{mm}$$

Regla 29. Corrección al francobordo para buques menores de 100 m de L

No es aplicable ya que la embarcación según la regla 3 en su punto 10, no dispone de superestructuras como tal. Por lo tanto el francobordo no corregirá por esta regla.

Regla 30. Corrección por coeficiente de bloque

El coeficiente de bloque se calcula de la siguiente manera:

$$B = 4,89 \text{ m}$$

$$\nabla (d_1 = 1,72) = 75,94 \text{ m}^3$$

$$Cb = \frac{\nabla}{L * B * d} = 0,$$

$$Cb = 0,54 < 0,68$$

Al ser menor que 0,68, no se corrige el francobordo por esta regla.

Regla 31. Corrección por puntal

El puntal de francobordo será $D = 2,03 \text{ m}$.

$$\frac{L}{15} = \frac{16,57}{15} = 1,105 < 2,03 \rightarrow \text{aumento del francobordo}$$

$$\text{Aumento} \Rightarrow (D - L/15) * R, \text{ siendo } L < 120\text{m} \Rightarrow R = \frac{L}{0,48} = \frac{16,57}{0,48} = 34,52$$

$$\text{Aumento} \Rightarrow (2,03 - 16,57/15) * 34,52 = 31,94$$

Corrección: **+32mm**

Regla 33. Altura normal de superestructura

La altura normal que tomaremos para la cabina, considerada como tronco, sería de 1,8m. No obstante, como se verá en la regla 36, no podremos considerarla como tal.

Regla 34. Longitud de superestructura

Se trata de un buque de cubierta corrida, la regla no aplica.

Regla 35. Longitud efectiva de superestructura

Se trata de un buque de cubierta corrida, la regla no aplica.

Regla 37. Reducción por superestructura y troncos

Para considerar la cabina como tronco, se debería suponer que los cierres son estancos, cosa que sabemos que no es cierta.

Además, la cabina cumple que su anchura es mayor al 60% de la manga, pero su longitud es menor a 0,6 L.

Anchura del tronco = 3,3 m. vs. 60% B = 2,93 m.

Longitud del tronco = 8,47 m vs. 0,6 L = 9,40 m.

Regla 38. Arrufo

Observaciones generales

- 1) El arrufo se medirá desde la cubierta en el costado hasta una línea de referencia trazada paralelamente a la quilla y que pase por el punto de la línea de arrufo correspondiente al centro del buque.
- 2) En buques proyectados con asiento de quilla, el arrufo se medirá respecto a una línea de referencia trazada paralelamente a la flotación de proyecto en carga.
- 3) En los buques de cubierta corrida y en los buques con superestructuras separadas, el arrufo se medirá en la cubierta de francobordo.
- 4) En buques en que la parte alta de los costados tenga una forma especial, existiendo en ella un escalonamiento o discontinuidad, el arrufo se considerará con relación al puntal equivalente en el centro del buque.

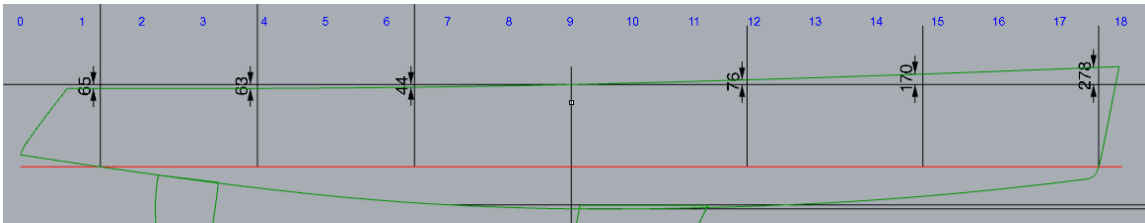
Curva de arrufo normal

- 8) Las ordenadas de la curva de arrufo normal se dan en la tabla

siguiente:

	Situación	Ordenada (en mm)	Factor
Mitad de popa	Perpendicular de popa	$25 \left(\frac{L}{3} + 10 \right)$	1
	$\frac{1}{6} L$ desde la P. de Pp.	$11,1 \left(\frac{L}{3} + 10 \right)$	3
	$\frac{1}{3} L$ desde la P. de Pp.	$2,8 \left(\frac{L}{3} + 10 \right)$	3
	Centro del buque	0	1
Mitad de proa	Centro del buque	0	1
	$\frac{1}{3} L$ desde la P. de Pr.	$5,6 \left(\frac{L}{3} + 10 \right)$	3
	$\frac{1}{6} L$ desde la P. de Pr.	$22,2 \left(\frac{L}{3} + 10 \right)$	3
	Perpendicular de proa	$50 \left(\frac{L}{3} + 10 \right)$	1

Medida de las variaciones respecto de la curva de arrufo normal



Arrufo							
	REAL	NORMAL	Factor		REAL	NORMAL	Factor
Ppp	-65	388	1	Centro	0	0	1
1/6L desde Ppp	-63	172	3	1/3L desde Ppr	76	87	3
1/3L desde Ppr	-44	43	3	1/6L desde Ppr	170	345	3
Centro	0	0	1	Ppr	278	776	1
Suma				Suma	1016	2072	
Deficiencia de Arrufo en popa:				Deficiencia de arrufo en proa:			

$$\text{Deficiencia de Arrufo en popa} = \frac{1}{8} * (-392 - 1033) = -178$$

$$\text{Deficiencia de Arrufo en proa} = \frac{1}{8} * (1016 - 2072) = -132$$

$$\text{Deficiencia de Arrufo} = \frac{-178 - 132}{2} = -155$$

Corrección por arrufo

$$53 * \left(0,75 - \frac{S}{2L} \right)$$

Siendo S la longitud total de superestructuras cerradas. Como ya hemos dicho que no pueden considerarse superestructuras, $S = 0$, que además da la situación menos favorable.

Aumento al francobordo: $155 * 0,75 = 116 \text{ mm}$.

Corrección: **+116 mm**.

Francobordo asignado de verano

Francobordo asignado de verano=Francobordo Tabular+-Correcciones

Francobordo asignado de verano=200+32+116=348mm

Francobordo asignado de verano=**348mm**

Regla 39:

La altura de proa (**Hb**), definida como la distancia vertical en la perpendicular de proa entre la línea de flotación correspondiente al francobordo de verano asignado y al asiento proyectado y la parte superior de la cubierta de intemperie en el costado, no será inferior a:

$$56 * L * \left(1 - \frac{L}{500} \right) * \frac{1,36}{C_B + 0,68} = 56 * 16,57 * \left(1 - \frac{16,57}{500} \right) * \frac{1,36}{+0,68} = 1008,98 \text{ mm}$$

Altura real en proa para francobordo anterior=659mm

Corrección al francobordo de verano= $Hb_{requerida} - Hb_{real} = 1008 - 659 = 349 \text{ mm}$

Francobordo y Calado de verano

- 1) El francobordo mínimo de verano será el francobordo obtenido de las tablas de la regla 28, modificado por las correcciones de las reglas 27, en la medida en que sea aplicable, 29, 30, 31, 32, 37, 38 y, si procede, la regla 39.
- 2) El francobordo en agua salada, calculado de acuerdo con el párrafo 1), pero sin la corrección por línea de cubierta que se indica en la regla 32, no ser. inferior a 50 mm. Para los buques que tengan en emplazamientos de clase 1 escotillas con tapas que no cumplan las prescripciones de la regla 16, párrafos 1) a 5), o la regla 26, el francobordo no ser. inferior a 150 mm. Para calcular el francobordo de verano F_v aplicaremos las correcciones anteriores al francobordo tabular:

Francobordo Tabular	200
CORRECCIONES	
Buques de $L < 100$ m	0
Coeficiente de Bloque	0
Puntal	32
Superestructuras y troncos	0
Arrufo	116
Altura min proa	349 mm
TOTAL	697 mm

Sanción por Estabilidad

$$T_{\text{verano}} = D - F_b = 2,03 - 0,697 = 1,333 \text{ m}; T_{\text{verano}} > T_{\text{max}}$$

Al calado correspondiente a máxima carga le restaremos la altura de la orza.

$$(T_{\text{max}} = 2,843 - 2,14 = 0,703 \text{ m calado máximo sin orza})$$

El calado es mayor que el máximo que figura en las condiciones de carga $T_{\text{max}} = 0,703 \text{ m}$

Se va a hacer otra corrección al francobordo, ya que para este francobordo se obtendría una flotación para la que no se ha estudiado la estabilidad.

$$T_{\text{verano}} - T_{\text{max}} = 1,333 - 0,703 = 0,63 \text{ m} = 630 \text{ mm}$$

Corrección: **+630 mm.**

Francobordo de verano = $697 + 630 = 1327 \text{ mm}$

El calado de verano:

$$T_{\text{verano}} = 2,030 - 1,327 = 703 \text{ mm}$$

El Convenio estipula el francobordo mínimo en 50 mm. Se calculan el resto de francobordos.

Francobordo tropical

3) El francobordo mínimo en la zona tropical ser. el francobordo obtenido restando del francobordo de verano $1/48$ del calado de verano, medido desde el canto alto de la quilla al centro del anillo de la marca de francobordo.

4) El francobordo en agua salada, calculado de acuerdo con el párrafo 3), pero sin la corrección por línea de cubierta que se indica en la regla 32, no ser. inferior a 50 mm. Para los buques que tengan en emplazamientos de clase 1 escotillas con tapas que no cumplan las prescripciones de la regla 16, párrafos 1) a 5), o la regla 26, el francobordo no ser. inferior a 150 mm.

$$\text{Francobordo tropical} = F_v - (T_v/48) = 1312 \text{ mm}$$

Francobordo de invierno

5) El francobordo mínimo de invierno ser. el francobordo obtenido añadiendo al francobordo de verano $1/48$ del calado de verano, medido desde el canto alto de la quilla al centro del anillo de la marca de francobordo.

$$\text{Francobordo de Invierno} = F_v + (T_v/48) = 1341 \text{ mm} > 50 \text{ mm}$$

Francobordo de invierno en el Atlántico Norte

6) El francobordo mínimo para buques de eslora no superior a 100 m que naveguen por cualquier parte del Atlántico Norte, definido en la regla 52 (Anexo II), durante el periodo estacional de invierno, ser. el francobordo de invierno más 50 mm. Para los demás buques el francobordo de invierno en el Atlántico Norte, ser. el francobordo de invierno.

$$\text{Francobordo de Atlántico Norte, Invierno} = F_v + (T_v/48) + 50 = 1491 \text{ mm} > 50 \text{ mm}$$

2 CÁLCULO DE ARQUEO DE LA EMBARCACIÓN:

2.1 Arqueo bruto:

Suponiendo que la cabina se trata de un espacio cerrado y estanco, el volumen de toda la embarcación se calcula sumergiéndola por completo en el programa Maxsurf, dando los siguientes resultados:

$$V = 94,76 \text{ m}^3$$

$$GT = K * V$$

Siendo:

$$K = 0,2 + 0,02 \log V$$

V = volumen total de todos los espacios cerrados del buque en m³

$$GT = K * V = (0,2 + 0,02 \log 94,76) * 94,76 = \mathbf{22,7 \text{ GT}}$$

2.2 Arqueo neto:

Teniendo en cuenta que la embarcación no está destinada al transporte de mercancías, el volumen de espacio de carga sería igual a cero, ya que no existen espacios de carga como tal; simplemente los espacios de pasajeros con sus pertrechos, espacios para víveres y demás.

$$NT = K_2 V_c \left(\frac{4d}{3D} \right)^2 + K_3 \left(N_1 + \frac{N_2}{10} \right)$$

$$V_c = 0 \text{ m}^3$$

$$K_2 = 0,2 + 0,02 \log V_c = 0$$

N₁, N₂ = 0 (no se considera buque de pasaje por llevar 8 personas)

La norma establece que al llevar menos de 13 personas las magnitudes N₁ y N₂ se considera iguales a 0.

Según el convenio, el coeficiente $K_2 V_C \left(\frac{4d}{3D}\right)^2$ no puede tener un valor menor de 0,25 GT, por lo tanto toma el valor 5,67.

NT=5,67

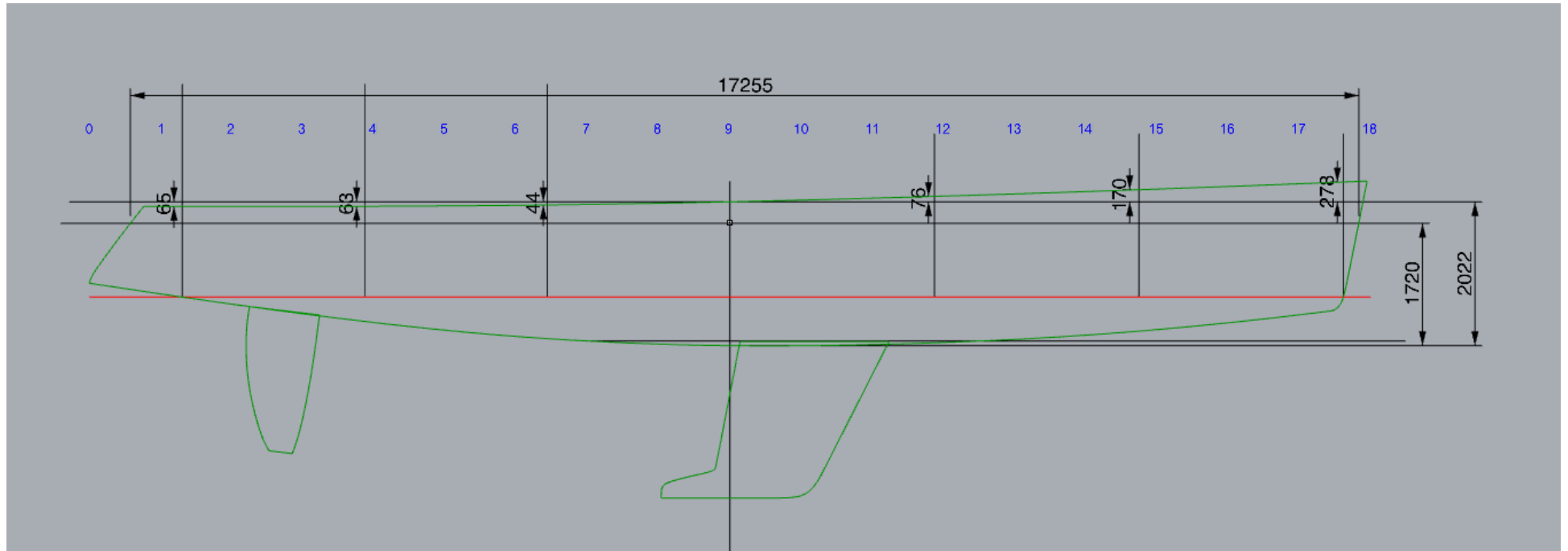
El convenio también establece que, el arqueo Neto no puede tener un valor inferior a 0,3 GT ; por lo que nuestro arqueo neto final será

$$NT=0,3*22,7=\mathbf{6,81\ GT}$$

3 Bibliografía

- "Convenio Internacional de Líneas de Carga" (ICLL 1996)
- "Convenio Internacional de Arqueo de Buques de 1969".
- Apuntes de la asignatura "Estática del buque", Daniel Pena. 2ºcurso, EUP .

ANEXO I



2014

Cuaderno 13

Presupuesto

VELERO TIPO OCEÁNICO 60 PIES DE ESLORA



GRADO EN ARQUITECTURA NAVAL

Autor: **PABLO ENRIQUE GONZÁLEZ SÁNCHEZ**

Tutor: **MARCOS MÍGUEZ GONZÁLEZ**



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

PROYECTO FIN DE GRADO EN ARQUITECTURA NAVAL

CURSO 2.012-2013

PROYECTO NÚMERO 14-106

TIPO DE BUQUE: Velero tipo oceánico de 60 pies de eslora

MATERIAL DEL CASCO: Materiales compuestos

CLASIFICACIÓN , COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: Bureau Veritas, Solas, Reglamentación ISO-UNE.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Las específicas para este buque

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA : 10 nudos al 90% MCR. 350 millas.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA : Las habituales en este tipo de buques.

PROPULSIÓN : Vela + 1 motor diesel.

TRIPULACIÓN Y PASAJE : 8 tripulantes/pasajeros

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES : Un mástil y demás elementos para la navegación en este tipo de buque

Ferrol, Febrero de 2.013

ALUMNO : D:/Dª Pablo Enrique González Sánchez

OBJETIVO:

En el presente cuaderno se tratará de realizar una aproximación a los costes de construcción de la embarcación y por lo tanto presupuestando un coste de venta de la misma.

Para ello se ha tenido en cuenta los gastos derivados de:

- Fabricación del modelo y el molde
- Materiales de construcción del casco
- Elementos adquiridos de forma externa
- Mano de obra

Los datos de partida de la embarcación son:

Eslora Total.....	18,00m
Eslora Flotación.....	16,31m
Manga.....	4,89m
Puntal.....	4,17 (2,03 sin apéndices) m
Calado	2,826 (0,686 sin apéndices) m
Desplazamiento.....	19865 kg
Cb.....	0,416
Cp.....	0,545
Cm.....	0,801
Superficie Véllica.....	202m ²
Número de Tripulantes.....	8 (2 tripulantes y 6 pasajeros)
Categoría de Navegación.....	A (Oceánica)

1	INTRODUCCIÓN.....	5
2	COSTE DE LOS MATERIALES DE LA ESTRUCTURA DEL CASCO	6
2.1	CASCO, CUBIERTA Y ESTRUCTURA	6
2.2	ORZA.....	6
3	COSTE DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS DEL ARMAMENTO	7
3.1	EQUIPO AYUDA A LA NAVEGACIÓN	7
3.2	ACASTILLAJE.....	8
3.3	ARBOLADURA.....	9
3.4	VELAMEN	9
3.5	CARPINTERÍA	10
3.6	SISTEMA DE ACHIQUE	10
3.7	SISTEMA DE AGUA DULCE.....	10
3.8	SISTEMA DE AGUA SALADA	10
3.9	PLANTA SÉPTICA Y EQUIPOS DE AGUAS GRISES Y NEGRAS	11
3.10	SISTEMA DE COMBUSTIBLE	11
3.11	PROPULSIÓN	11
3.12	GRUPOS GENERADORES	11
3.13	SISTEMA ELÉCTRICO.....	12
3.14	ELECTRODOMÉSTICOS	12
3.15	AIRE ACONDICIONADO Y CALEFACCIÓN	12
3.16	EQUIPOS DE AMARRE Y FONDEO	12
3.17	EQUIPOS DE SEGURIDAD Y SALVAMENTO	13
4	PRESUPUESTO	13
5	DIAGRAMA DE GANTT	17
6	BILIOGRAFÍA.....	18
	ANEXO I.....	
	ANEXO II	
	ANEXO III.....	

1 Introducción

Estimar correctamente el coste y precio de venta de un barco es clave para que se obtengan los beneficios económicos esperados, tanto para el proyectista que lo diseña como para el astillero que lo construye.

Para que estos cálculos se realicen con la mejor aproximación posible es conveniente desglosarlos en cada una de sus diferentes partidas y subpartidas. Esta aproximación será más exhaustiva en función de la profundidad del desglose y estudio de cada partida. Si bien puede dividirse el coste de construcción entre el coste de los materiales y el de su respectiva mano de obra, un mayor desglose de cada una de estas partidas logra una mejor estimación del coste final de construcción con un menor error.

Uno de los posibles problemas que se encuentran a la hora de realizar este cuaderno es encontrar los precios de la mayoría de equipos. En general lo adecuado es trabajar con el precio de coste del proveedor sin embargo lo habitual es encontrarse el precio de venta. En otras ocasiones no se consigue encontrar ningún tipo de información y por tanto se hace necesaria una estimación por comparación o extrapolación que induce un cierto error en el coste final de dicho equipo.

En cuanto a la mano de obra del personal especializado del astillero, es común que los astilleros recurran a la subcontratación de personal realizando un contrato por obra. Por ello lo razonable sería estudiar la partida de mano de obra con los distintos honorarios de las diferentes subcontrataciones. Para este proyecto se toma un coste de mano de obra homogéneo de 35 €/h tanto para la intelectual como para la práctica, simplificando este cálculo despreciándose las posibles subcontrataciones llevadas a cabo por el astillero.

Para hacer un estudio pormenorizado del presupuesto de este tipo de yates, se ha de poder dividir el mismo en pequeños conceptos que engloben distintas partes del mismo, por tanto podemos detallar todo elemento a elemento. Lo dividiremos en dos grupos:

- Coste de los materiales de la estructura del casco. Esto es la fibra, resina epoxi, núcleos PVC del casco y cubierta, así como el plomo del lastre de la orza.

- Coste de los materiales y equipos del armamento. Aquí se engloban todos los servicios de la habilitación, la habilitación en si misma, la propulsión, el gobierno, todo el equipo de cubierta y el aparejo, etc.

2 Coste de los materiales de la estructura del casco

2.1 Casco, cubierta y estructura

Para el cálculo de este apartado tendremos en cuenta la valoración personal que aporta el astillero ASTIFER

Se estiman los siguientes costes:

- molde de casco y cubierta (realizado en madera): 18.000 €
- fibra, resina y catalizador: $18 \text{ (€/Kg)} \times 3150 \text{ (kg)} \times 1.2 \text{ (margen de no aprovechamiento)} = 68040 \text{ €}$
- Núcleo: $(82 \text{ (m}^2) \times 21.5 \text{ (€/m}^2 \text{ de 5 mm)} + 197 \text{ (m}^2) \times 23 \text{ (€/m}^2 \text{ de 10 mm)} + \text{masilla de pegado del núcleo } 279 \text{ (m}^2) \times 5,95 \text{ (€/m}^2)) \times 1.1 \text{ (margen de no aprovechamiento)} = 8750 \text{ €}$
- gel-coat $279 \text{ (m}^2) \times 9,75 \text{ (€/m}^2) \times 1.3 \text{ (margen de no aprovechamiento)} = 3540 \text{ €}$

Total: 80330 €

2.2 Orza

Para construcción de la orza, consultando el precio del kg Plomo 99,97% puro que ronda los 1,5€ en los meses de Junio-Julio, se estima un coste de **12000 €**, ya que necesitamos 7354 kg del material y tenemos que incluir el precio de la estructura de foam (material de baja densidad, que se usa para moldear, sin añadir peso a la orza)

- Orza = $1,5\text{€/kg} \times 7354\text{kg} = 11031 \text{ €}$
- Foam = 850 €

3 Coste de los materiales y equipos del armamento

Las partidas que se han evaluado son las siguientes:

- Equipo de gobierno.
- Acastillaje.
- Arboladura y velamen.
- Carpintería.
- Sistemas de achique.
- Sistema de agua dulce.
- Sistema de agua salada.
- Planta séptica y equipos de aguas y grises.
- Sistema de combustible.
- Propulsión.
- Grupos generadores.
- Sistema eléctrico (iluminación y material).
- Electrónica.
- Aire acondicionado y calefacción.
- Equipos de amarre y fondeo.
- Equipos de seguridad y salvamento.
- Varios.

Además se tendrán que incluir el coste de ingeniería que conlleva el desarrollo de un yate como esto, y además las tasas e impuestos a los que se verá sometido el proyecto.

3.1 Equipo ayuda a la navegación

En este apartado hemos de contemplar:

- Displays electrónica+sensor = $6 \times 831 \text{ €} + 300 \text{ € del soporte} = 5286 \text{ €}$
- Equipos de viento (sensores+repetidor inalambrico) = 839 €
- Inmarsat = 3870 €
- Mandos inalámbricos electrónica = 465 €
- Ploter/GPS = 2800 €
- Piloto automático = 2049 €
- Radio VHF + AIDS = 778€
- Radar = 1497€ €
- Equipos varios = 2000 €

Total: 19584 €

3.2 Acastillaje

- 2 winches de mayor = $6840 \times 2 = 13681 \text{ €}$
- 2 winches de piano = $1898 \times 2 = 3796 \text{ €}$
- 2 winches de bañera = $4316 \times 2 = 8633 \text{ €}$
- cabos drizas
- D-CUP 78 (14 mm) $68\text{m} \times 15\text{€} = 1020\text{€}$
- D-CUP 90 XTM (14 mm) $55\text{m} \times 15\text{€} = 825\text{€}$
- D-CUP Kmix (12 mm) $68 \times 12\text{€} = 816\text{€}$
- Cabos escotas
- D-CUP PBO (12 mm) $68 \times 12\text{€} = 816\text{€}$
- D-CUP Kmix PBO (12 mm) $28 \times 12\text{€} = 816\text{€}$
- D-CUP Kmix PBO (12 mm) $68 \times 12\text{€} = 816\text{€}$
- Cabos variados $200 \times 7\text{€} = 1400\text{€}$
- Escoteros = 2 de génova 570 € + escotero de mayor 780 € + reenvios 975 € = 2895 €

- Carril del tangón $111€ \times 4 = 444 €$
- Varios (poleas, grilletes y demás pertrechos) 3850 €

Total: 39808 €

3.3 Arboladura

Para este apartado, será necesario un presupuesto de algún tipo de proveedor específico.

Para la jarcia firme, hemos recurrido a la empresa MILLAS RIGGING, la quien muy amablemente nos facilitó un presupuesto detallado que se incluye en el **ANEXO I**. El resumen es el siguiente:

- Palo, botabara, tangon ,cruquetas y obenques = 68190 €

Total: 68190 €

3.4 Velamen

En cuanto a las velas nuestro proveedor será la empresa NORTH SAILS, conocida mundialmente y considerada la mejor velería del mundo por los éxitos conseguidos con sus diseños. También han facilitado un presupuesto (para medidas barco tipo swan 60) con las velas solicitadas que incluyo en el **ANEXO I**

- Standard Mainsail Dyneema SRP SRP95 = 16343 €
- Furling Genoa Dyneema SRP SRP95 = 20609 €
- S2 Spinnaker NorLon NO 250 = 8702 €
- Tormentin NorLam Dyneema SRP105 = 6087 €
- IVA = 10865 €
- Velas, (mayor, genova, , tormentin , spi) = 62606 €

Total: €

3.5 Carpintería

- Carpintería 12000 €
- Tapizados y colchones 1650 €

Total: 13650 €

3.6 Sistema de achique

Incluyendo las bombas, tanto la eléctrica como la manual y las tuberías del circuito y los sensores de ciclo circuito, todo el sistema se presupuesta en **2795 €**

3.7 Sistema de agua dulce

- Tanques de agua dulce $2 \times 435 \text{ €} = 870 \text{ €}$
- Bombas y tuberías del circuito = 789 €
- Potabilizadora 3686 €
- Calentador de agua 740 €

Total: 6085 €

3.8 Sistema de agua salada

Para este circuito que incluirá bomba y mangueras se presupuesto un coste de **1500 €**

3.9 Planta séptica y equipos de aguas grises y negras

- Inodoros 4 x 619 € = 2476 €
- Bomba trituradora 218 €
- circuitos y mangueras 400 €
- Tanques aguas negras 2 x 194 = 388 €
- Tanques aguas grises 2 x 215 = 430 €

Total: 3912 €

3.10 Sistema de combustible

Para este circuito que incluirá tanques (uno en cada banda), bomba y mangueras se presupuesto un coste de **4500 €**

3.11 Propulsión

Tendremos hélices, ejes, chumacera 6325 €

Motor 31857 €

Total: 38182 €

3.12 Grupos generadores

- Generador 7390 €
- Baterías de gel 80 Ah 595 € + 120 Ah 649 € + 200 Ah 829 € = 2073 €
- Alternador 1200 €
- Cargadores y convertidores 1250 €
- Cuadro eléctrico 935 €

Total: 12848 €

3.13 Sistema eléctrico

- Iluminación y material, focos halógenos 34 focos x 29 € + 7 de lectura x 20 € = 446 €
- material (interruptores, cables) = 540 €

Total: 986 €

3.14 Electrodomésticos

- Cocina y horno 1164 €
- Microondas marino 519 €
- Nevera marina 1076 €
- Lavaplatos 435 €
- Lavadora/secadora 615 €
- TV LCD 735 €
- Cadena/ DVD 560 €

Total: 5104 €

3.15 Aire acondicionado y calefacción

Supone un coste de **14500 €** tanto los equipos como la instalación, incluyendo un aislamiento adecuado.

3.16 Equipos de amarre y fondeo

- Ancla 1060 euros
- Molinete eléctrico 800 euros
- Cadena 14,50 por metro x 40 m = 580 €

- Cabos para amarre y fondeo = 250 €

Total: 2690 €

3.17 Equipos de seguridad y salvamento

- Balsa salvavidas 1812 €
- Chalecos salvavidas con arnés 10 x 119 € = 1190 €
- Aros salvavidas 2 x 72,5 € = 145 €
- Señales pirotécnica (6 bengalas con paracaídas, 6 bengalas de mano, 2 señales de humo) = 417 €
- Luces de navegación 222 €
- Extintores (3 x 43 €) = 130 €
- Varios (botiquín, baldes, líneas de vida, etc.) 750 €

Total: 4466 €

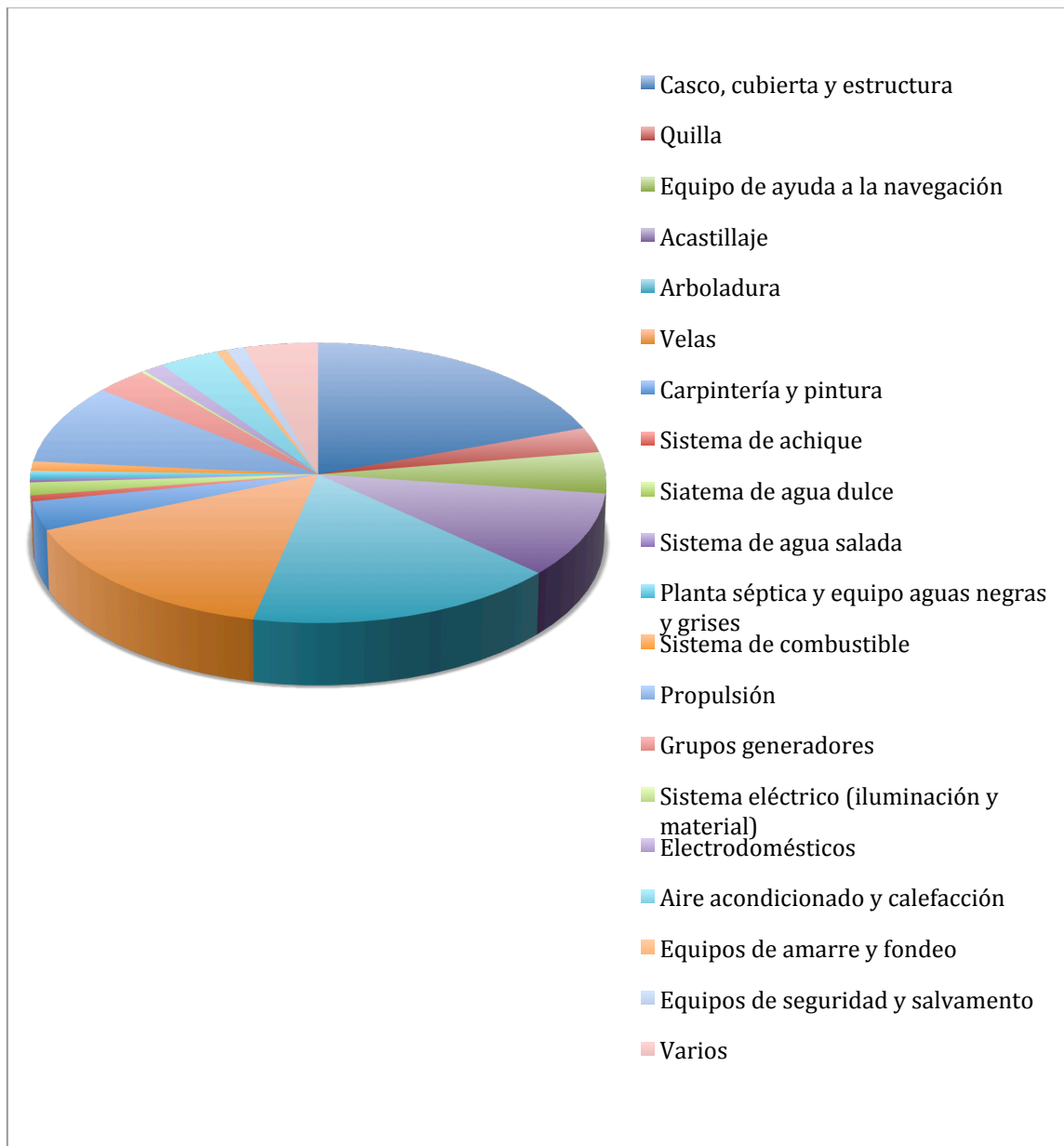
4 Presupuesto

Este es un cuadro resumen de lo antes expuesto, añadimos una estimación del 15% para los beneficios del astillero:

CONCEPTO	Precio en €
Casco, cubierta y estructura	80330
Quilla	12000
Equipo de ayuda a la navegación	19584
Acastillaje	39808
Arboladura	68190
Velas	62606
Carpintería y pintura	13650
Sistema de achique	2795

Sistema de agua dulce	6085
Sistema de agua salada	1500
Planta séptica y equipo aguas negras y grises	3912
Sistema de combustible	4500
Propulsión	38182
Grupos generadores	12848
Sistema eléctrico (iluminación y material)	986
Electrodomésticos	5123
Aire acondicionado y calefacción	14500
Equipos de amarre y fondeo	2690
Equipos de seguridad y salvamento	4466
Varios	18000
Total	411755
Corrección de beneficios 15%	Total 473518,25

Quedará mas claro el porcentaje de importancia de cada apartado en el siguiente gráfico:

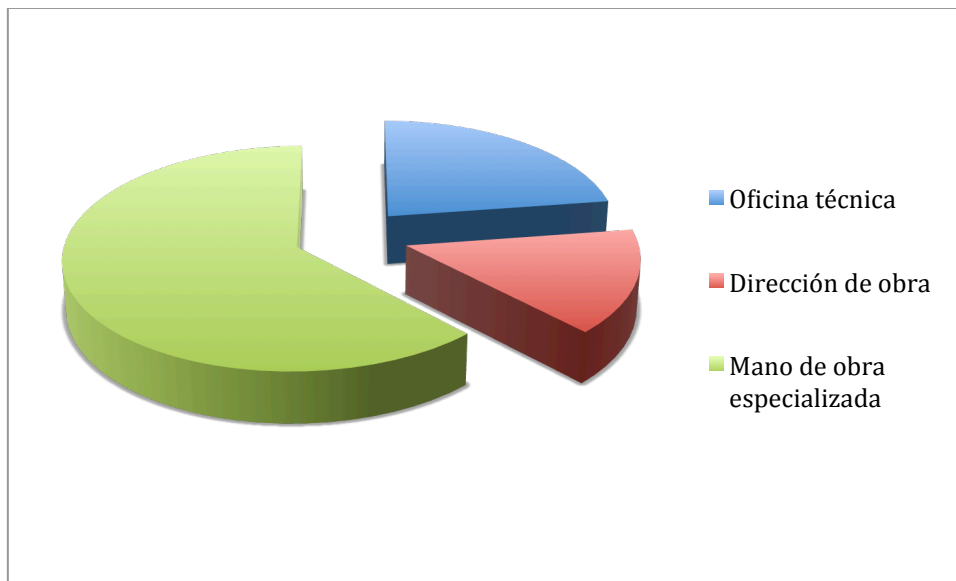


A continuación se pasa a calcular el presupuesto correspondiente a la oficina técnica, dirección de obra y mano de obra especializada. Todos los resultados se presentan en la tabla siguiente:

CONCEPTO	Horas	Precio en €/h	Precio en €
Oficina técnica	1500	35	52500
Dirección de obra	1000	35	35000

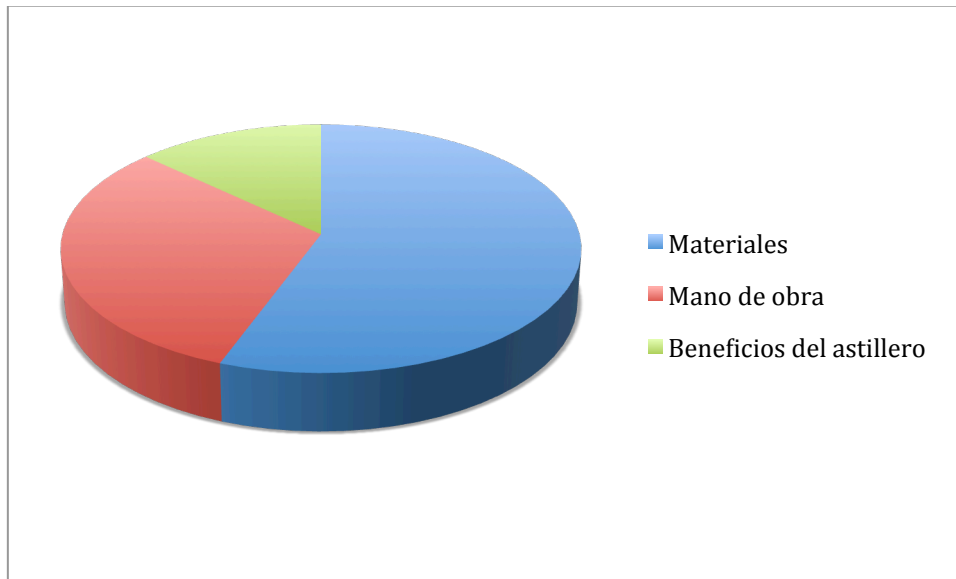
Mano de obra especializada	4800	35	144000
7300	Total	231500	
Corrección de beneficios 15%	Total	266225	

Se puede apreciar que la mano de obra es lo que mas costoso resulta de la intervención humana.



Finalmente, sumando todos los costes estimados anteriormente se obtiene el presupuesto final neto.

CONCEPTO	Precio en €
Materiales	411755
Mano de obra	231500
Beneficios del astillero	96488,25
Total	739743,25



Que haciendo una comparativa de mercado, vemos que el barco se encuentra dentro de los márgenes de mercado, con la ventaja de que se trata de un diseño "Custom Made" pudiendo modificarse los equipos y las disposiciones a requerimiento del Armador, aunque en tal caso se debería hacer un nuevo estudio del presupuesto, amoldándose a los nuevos requerimientos que podrían suponer los cambios.

5 Diagrama de Gant

Incorporo en el **ANEXO II** un diagrama de Gant de la construcción del barco, que no es más que una útil herramienta gráfica cuyo objetivo es exponer el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado.

En el se estima la finalización de la construcción para junio de 2015, empezando en el mes de septiembre del año 2014.

6 Bibliografía

Para la realización de este cuaderno se han buscado precios en diferentes catálogos y páginas Web de Internet.

Empresa North sails

Empresa Millas Rigging.

ANEXO I

En este Anexo añadimos las facturas de arboladura y velamen de nuestros distribuidores MILLAS RIGGING y NORTH SAILS

CUSTOM PROJECTS

SERVICE AND
MAINTENANCE

RIGGING SYSTEMS



REPARACIONES Y
TRATAMIENTOS

TRABAJOS EN CABOS

ACASTILLAJE

MILLAS RIGGING CORUÑA SLNE

Calle San Vicente 27 , 7A

15007 La Coruña TEL : 671076323

e-mail: millas.servicios.nauticos@gmail.com

B70051735

NOMBRE:Pablo González

DIRECCION :-

POBLACION:-

C . P.:-

CIF :-

FACTURA:000

FECHA:25/08/14

OBSERVACIONES :

CANTIDAD	DESCRIPCION	TAMAÑO	PRECIO	IMPORTE
1	Mástil y jarcia SELDEN	60 pies	49.000,00 €	49.000,00 €
1	Tangón SELDEN	60 pies	1.355,00 €	1.355,00 €
1	Botavara	60 pies	6.000,00 €	6.000,00 €

Base Imponible	56.355,00 €
I.V.A 21%	11.834,55 €
Total Factura	68.189,55 €



Gonzalez, Pancho (Millas Rigging)
TBA

Presupuesto QSP50534

para SWAN 60 (Generic Type)

Fecha Presupuesto: miércoles, 10 de septiembre de 2014
Fecha de Caducidad: viernes, 10 de octubre de 2014

Terminos de Pago: Contado antes de envío
Términos de la entrega a cuenta: Se necesita deposito
Condiciones de Entrega: Standard
Detalles Envío: Transporte no incluido
Todos los precios en: EUR

Item ID	Descripción	Cantidad	Precio (Excl. Impuestos) (EUR)
QSP50534-001	Standard Mainsail Dyneema SRP SRP95	1	16.343,00 €
QSP50534-002	Furling Genoa Dyneema SRP SRP95	1	20.609,00 €
QSP50534-003	S2 Spinnaker NorLon NO 250	1	8.702,00 €
QSP50534-004	Tormentin NorLam Dyneema SRP105	1	6.087,00 €

Saludos cordiales
Angel Medina
amedina@es.northsails.com
(M) 34 620945915

Gracias por su interés !

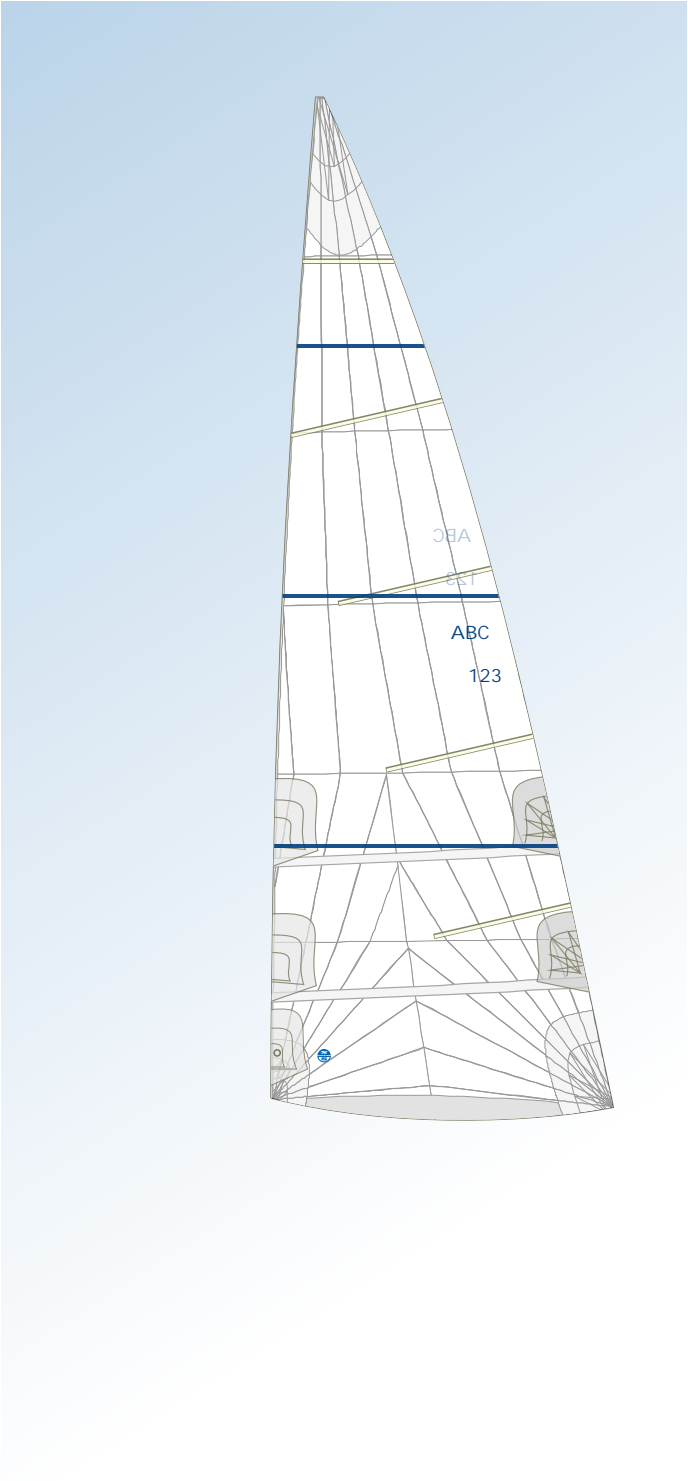
Standard Mainsail Dyneema SRP SRP95

para SWAN 60 (Generic Type)

Item ID: QSP50534-001
Fecha Presupuesto: miércoles, 10 de septiembre de 2014

	Metros	pies
P	23,00	75,46
E	7,25	23,79
Gratil	23,00	75,46
Area	99,84	1.074,77

Extra	Cantidad	-
Standard Reef(s)	2	-
Full Battens	1	-
Sables de Baluma	4	-
Cunningham	1	-
Integral Foot Skirt	1	-
Mainsail Spreader Tip Patches	1	-
Batidor baluma a través de Driza	1	-
Certificado de Medición	1	-
Insignia	1	-
Código País	1	-
Numeros de Vela	1	-
Trim Stripes	3	-
Precio Total:		16.343,00 €



Furling Genoa Dyneema SRP SRP95

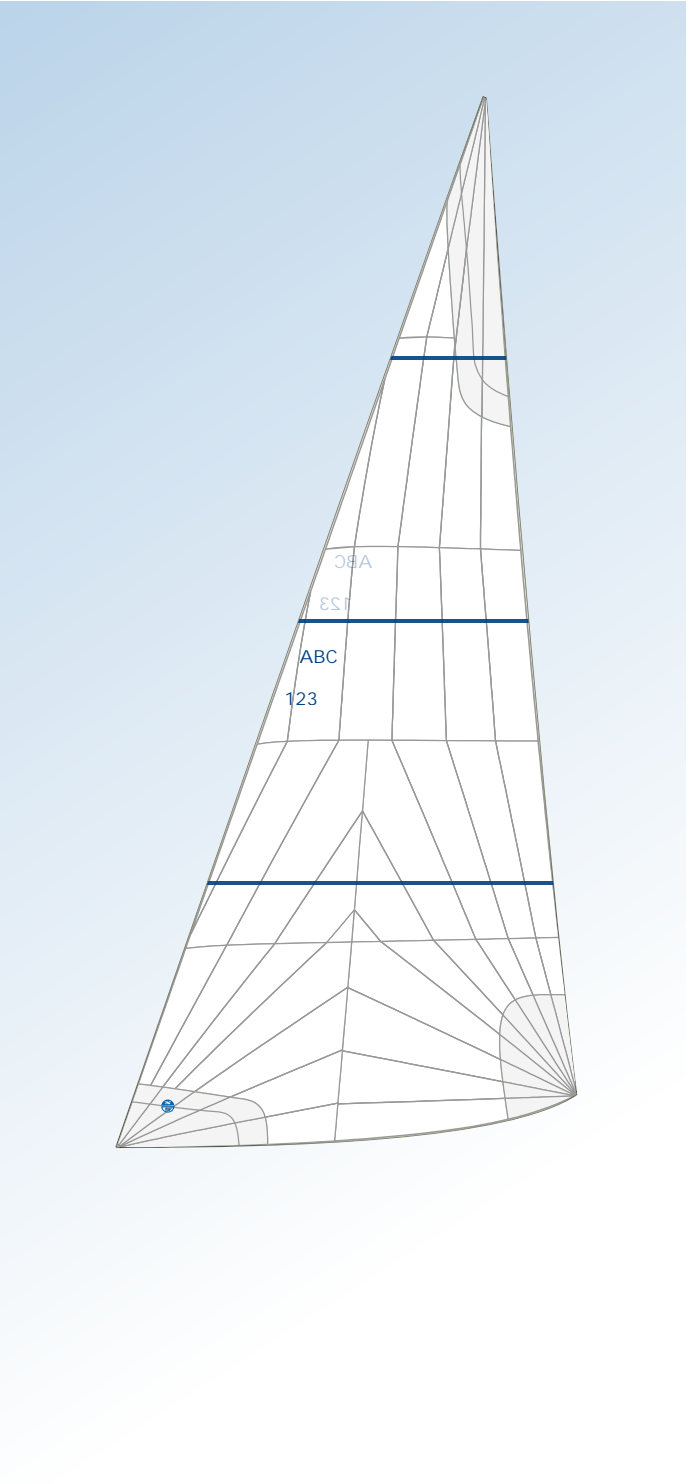
para SWAN 60 (Generic Type)

Item ID: QSP50534-002
Fecha Presupuesto: miércoles, 10 de septiembre de 2014

	Metros	pies
I	25,70	84,32
J	7,20	23,62
Gratil	25,89	84,95
Area	131,79	1.418,71
LP%	140%	140%
LPG	10,08	33,07

Extra	Cantidad	-
Foam Furling Pad & Reefing Patches	1	-
UV Leech and Foot (Sunbrella)	1	-
Soft Clew	1	-
refuerzos de Crucetas	1	-
Refuerzos de candeleros	1	-
Ventana con lanas	1	-
Certificado de Medición	1	-
Sailkote Plus	1	-
Código País	1	-
Numeros de Vela	1	-
Trim Stripes	3	-

Precio Total: 20.609,00 €



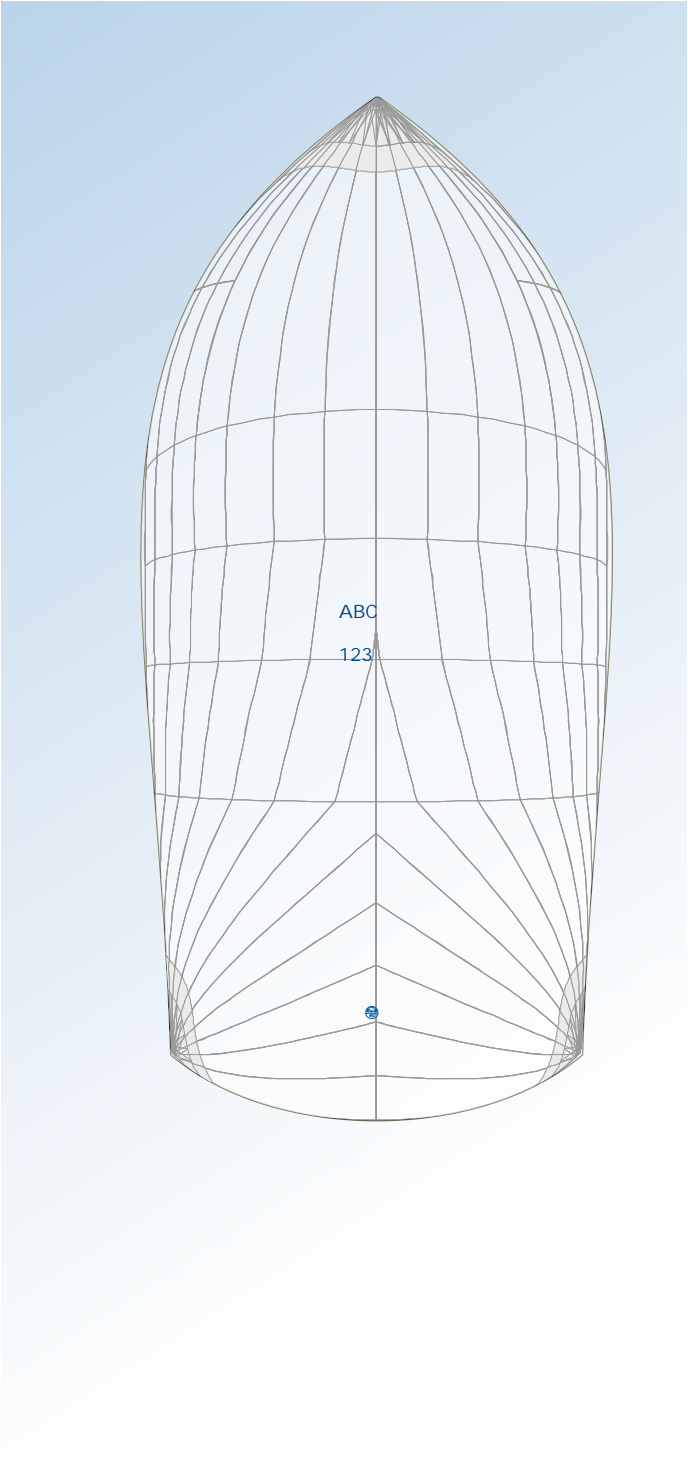
S2 Spinnaker NorLon NO 250

para SWAN 60 (Generic Type)

Item ID: QSP50534-003
Fecha Presupuesto: miércoles, 10 de septiembre de 2014

	Metros	pies
lsp	25,70	84,32
Spl	7,20	23,62
Gratil	25,36	83,21
Area	285,94	3.078,13

Extra	Cantidad	-
Certificado de Medición	1	-
Código País	1	-
Numeros de Vela	1	-
Spinnaker Bag (Box Turtle)	1	-
Precio Total:		8.702,00 €



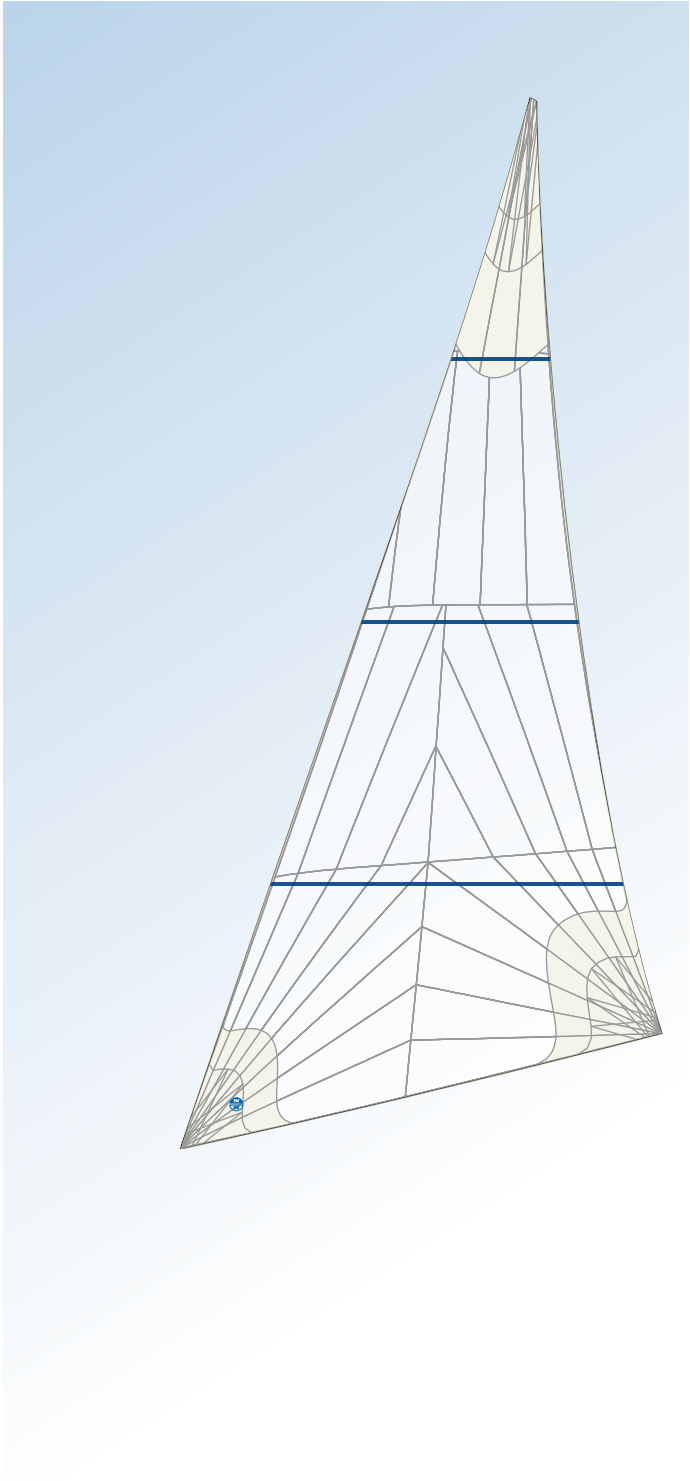
Tormentin NorLam Dyneema SRP105

para SWAN 60 (Generic Type)

Item ID: QSP50534-004
Fecha Presupuesto: miércoles, 10 de septiembre de 2014

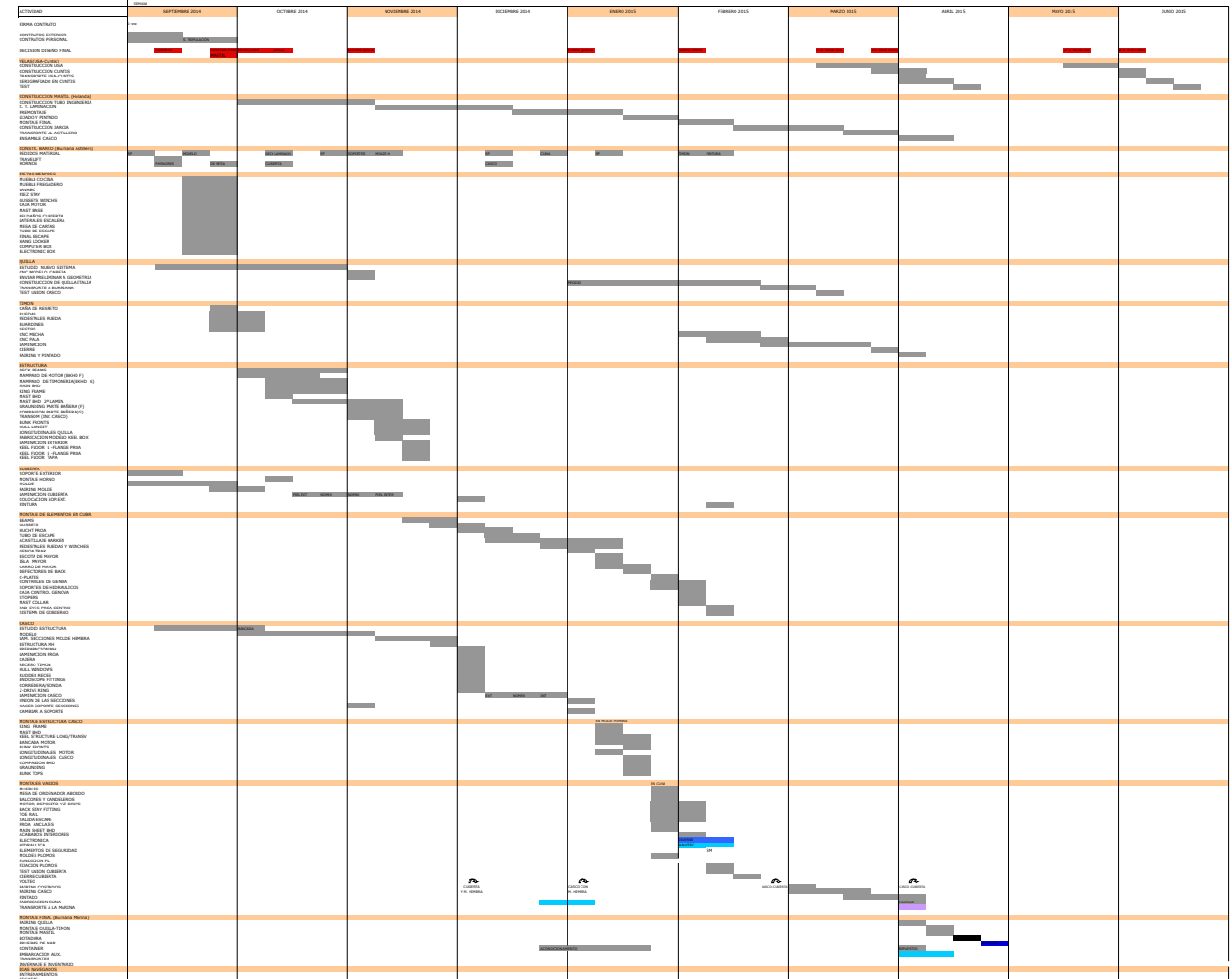
	Metros	pies
I	25,70	84,32
J	7,20	23,62
Gratil	16,71	54,83
Area	33,02	355,46
LP%	55%	55%
LPG	3,96	12,99

Extra	Cantidad	-
Soft Clew	1	-
Trim Stripes	3	-
Precio Total:		6.087,00 €



ANEXO II

En este Anexo nos encontramos el Diagrama de Gant de la construcción del barco



ANEXO III

En este Anexo añadimos algunas reseñas de folletos donde hemos sacado los precios orientativos de los materiales incluidos para el cálculo de nuestro presupuesto

MOTOR	TIPO DE TRANSMISION	EJE HELICE KW/HP	CIGÜEÑAL KW/HP	RPM	CIL	CILINDRADA LITROS/IN³	PESO KG/LBS	CERTIFICADOS EMISIONES	PVPR €/EXCL. IVA
D4-180	HS63IVE	128/174	132/180	2800	4	3.7/224	580/1279	2 4 5 6	27.650
D4-225	HS45AE	160/218	165/225	3500	4	3.7/224	546/1204	2 4 5 6 7**	28.848
D4-225	HS63AE	160/218	165/225	3500	4	3.7/224	558/1230	2 4 5 6 7**	29.114
D4-225	HS63IVE	160/218	165/225	3500	4	3.7/224	580/1279	2 4 5 6 7**	30.413
D4-260	HS63AE	186/253	191/260	3500	4	3.7/224	558/1230	2 4 5 6	31.857

Figura 1 Precio del motor Volvo Penta D4-260



[+ Ampliar]

Precio: 778 € (IVA Inc.)

Figura 2

Raymarine T163 Bic Triducer

Raymarine® Distri Garai

TALLA
<input type="radio"/> -

* Compra ahora, llegada estima

830.51 €

Figura 3



figura 4

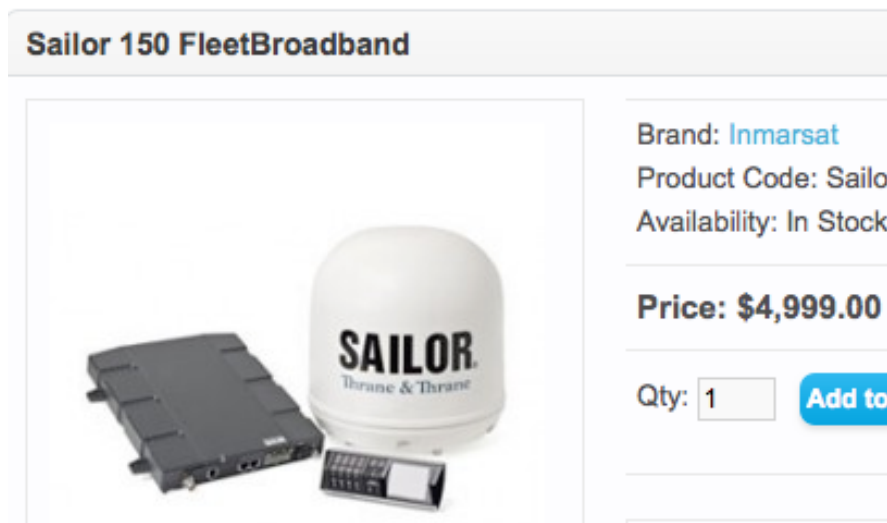


Figura 5



Figura 6 Piloto automático



TALLA

8 inches Color

* Compra ahora, lle

2799.13 €

Figura 7 GPS/Plotter



¿Tiene preguntas sobre el artículo?

Comparar artículo

En el bloc de notas

Recomendar artículo

Fabricante

Nº art.:

Ubicación de est

€ 124,99

Precio incl. IVA €

Figura 8. Radio Pioner



Performa™ Rac

**60 Self-T
3 Speed**

\$8,884.00

NOT AVAILABLE OI

Configuration

Speed

Figura 9. Winche mayor

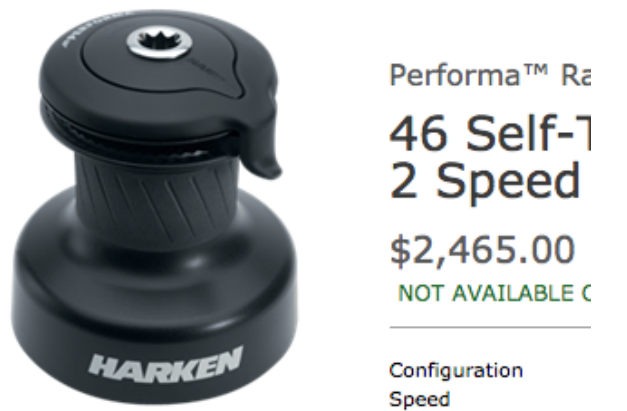


Figura 10. Winche cubierta



Figura 11. Winche génova



111,80 €

Figura 12. carriles



254,00 €

Figura 13. Carriles foque



199,00 €

Figura 14. Poleas planas sobre carril



69,95 €



66,70 €

Figura 15. Poleas varias



17,90 €

Figura 16. Mordedores piano






Siempre a la cabeza el
Zodiac está diseñada y
norma ISO 9650 (norm
salvavidas) y homologa
de pabellón español.

10 items in stock

Referencia: **BALSA**

-15% ~~2.132,02 €~~

 Share on Facebook

 Enviar a un amigo  Imprimir

1 812,22 €

Figura 17. Balsa Salvavidas



Chaleco Sa
Hammar si

Ver más inform

119,95 €

Figura 18. Chaleco salvavidas



Figura 19. Botiquín



Figura 20. Aro Salvavidas

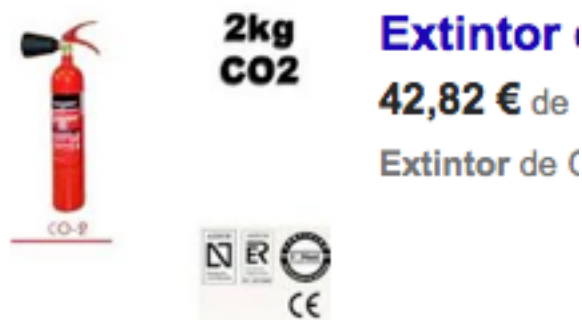


Figura 21. Extintor



Optolamp
222,31 € c
Optolamp A
FondeoEstru

Figura 22. Luces de navegación todo en uno



Figura 23. Detalle de la Teca

Frigorífico 100 lts.12/24v.



Precio: **1.076,48 €**

Figura 24. Frigorífico 12/24v

Portillo Lewmar INOX



Figura 25. Detalle portillos y ventanas.